

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **11-145519**

(43)Date of publication of application : **28.05.1999**

(51)Int.Cl. **H01L 33/00**
H01S 3/18

(21)Application number : **10-248826**

(71)Applicant : **TOSHIBA CORP**

(22)Date of filing : **02.09.1998**

(72)Inventor : **KAWAMOTO SATOSHI**

(30)Priority

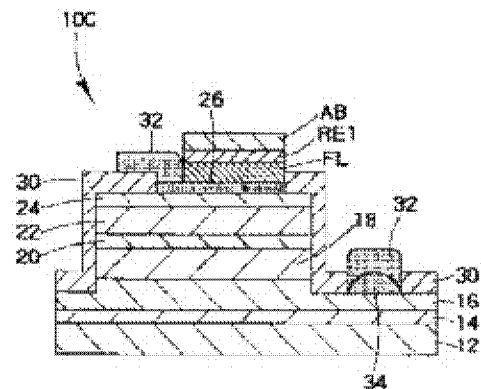
Priority number : **09237448** Priority date : **02.09.1997** Priority country : **JP**

(54) SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT, SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE, AND IMAGE-DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor light-emitting element and device that has an extremely stable emission wavelength and is able to convert the wavelength with a high conversion efficiency in various kinds of wavelengths from visible light to infrared regions.

SOLUTION: A wavelength conversion part FL with a wavelength conversion function and a light-reflecting part RF1 with wavelength selectivity properly combine a light-absorbing part AB with wavelength selectivity and appropriately arranges it in a specific relationship, thus breaking the leakage of primary light toward the outside and at the same time, converting the wavelength with extremely high efficiency and taking out secondary light.



【特許請求の範囲】

【請求項 1】第 1 の波長を有する 1 次光を放出する発光層と、

前記発光層の光取り出し側に設けられ、前記発光層から放出される前記 1 次光を吸収して前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長を有する 2 次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、

前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記 2 次光に対する吸収率が低く、前記発光層から放出される前記 1 次光に対する吸収率が 10 高いものとして構成されている光吸収部と、
を備えたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】第 1 の波長を有する 1 次光を放出する発光層と、

前記発光層の光取り出し側に設けられ、前記発光層から放出される前記 1 次光を吸収して前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長を有する 2 次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、

前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記 2 次光に対する反射率が低く、前記発光層から放出される前記 1 次光に対する反射率が 20 高いものとして構成されている第 1 の光反射部と、
を備えたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 3】第 1 の波長を有する 1 次光を放出する発光層と、

前記発光層の光取り出し側に設けられ、前記発光層から放出される前記 1 次光を吸収して前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長を有する 2 次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、

前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記 2 次光に対する吸収率が低く、前記発光層から放出される前記 1 次光に対する吸収率が 30 高いものとして構成されている光吸収部と、
前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記 2 次光に対する反射率が低く、前記発光層から放出される前記 1 次光に対する反射率が

高いものとして構成されている第 1 の光反射部と、
を備えたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 4】前記第 1 の光反射部は、前記発光層と前記光吸収部との間に設けられていることを特徴とする請求項 3 記載の半導体発光素子。

【請求項 5】前記第 1 の光反射部は、ブラッグ反射鏡により構成されていることを特徴とする請求項 2～4 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 6】第 1 の波長を有する 1 次光を放出する発光層と、

前記発光層の光取り出し側に設けられ、前記発光層から放出される前記 1 次光を吸収して前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長を有する 2 次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、

前記発光層からみて前記光取り出し側と反対の側に設けられ、前記 1 次光を反射するものとして構成されている第 2 の光反射部と、

を備えたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 7】前記第 2 の光反射部は、反射率が波長選択性を有するブラッグ反射鏡により構成されていることを特徴とする請求項 6 記載の半導体発光素子。

【請求項 8】前記第 2 の光反射部は、前記 2 次光も反射するものとして構成されていることを特徴とする請求項 6 記載の半導体発光素子。

【請求項 9】第 1 の波長を有する 1 次光を放出する発光層と、

前記発光層の光取り出し側に設けられ、前記発光層から放出される前記 1 次光を吸収して前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長を有する 2 次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、

前記発光層の周囲を取り囲むように設けられ、前記発光層から放出される前記 1 次光を反射するものとして構成されている第 3 の光反射部と、

を備えたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 10】前記第 3 の反射鏡は、反射率が波長選択性を有するブラッグ反射鏡により構成されていることを特徴とする請求項 9 記載の半導体発光素子。

【請求項 11】前記第 3 の光反射部は、前記 2 次光も反射するものとして構成されていることを特徴とする請求項 9 記載の半導体発光素子。

【請求項 12】第 1 の波長を有する 1 次光を放出する発光層と、

前記発光層の光取り出し側に設けられ、前記発光層から放出される前記 1 次光を吸収して前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長を有する 2 次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、

前記発光層と前記波長変換部との間に設けられ、前記 1 次光に対する反射率が低く、前記 2 次光に対する反射率が高いものとして構成されている第 4 の光反射部と、
を備えたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 13】前記第 4 の光反射部は、反射率が波長選択性を有するブラッグ反射鏡により構成されていることを特徴とする請求項 12 記載の半導体発光素子。

【請求項 14】前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記 2 次光に対する吸収率が低く、前記発光層から放出される前記 1 次光に対する吸収率が高いものとして構成されている光吸収部をさらに備えたことを特徴とする請求項 6～13 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 15】前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記 2 次光に対する反射率が低く、前記発光層から放出される前記 1 次光に対する反射率が高いものとして構成されている第 1 の光反射部をさらに備えたことを特徴とする請求項 6～14

のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 16】前記第 1 の波長は、380nm 以下であり、
前記波長変換部は、蛍光物質を含み、
前記第 2 の波長は、前記第 1 の波長よりも長いことを特徴とする請求項 1～15 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 17】前記発光層は、窒化ガリウム系半導体、ZnSe、ZnS、ZnSSe、SiC、および BN からなる群から選択されたいずれかの材料系を主成分とすることを特徴とする請求項 1～16 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 18】前記 2 次光は、可視光であることを特徴とする請求項 1～17 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 19】前記 2 次光は、赤色と緑色と青色の波長領域にそれぞれ強度ピークを有する白色光であることを特徴とする請求項 1～17 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 20】実装部材と、
前記実装部材の上に実装され、第 1 の波長を有する 1 次光を放出する半導体発光素子と、
前記半導体発光素子の光取り出し側に設けられ、前記半導体発光素子から放出される前記 1 次光を吸収して前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長を有する 2 次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、
前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記 2 次光に対する吸収率が低く、前記半導体発光素子から放出される前記 1 次光に対する吸収率が高いものとして構成されている光吸収部と、
を備えたことを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 21】実装部材と、
前記実装部材の上に実装され、第 1 の波長を有する 1 次光を放出する半導体発光素子と、
前記半導体発光素子の光取り出し側に設けられ、前記半導体発光素子から放出される前記 1 次光を吸収して前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長を有する 2 次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、
前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記 2 次光に対する反射率が低く、前記半導体発光素子から放出される前記 1 次光に対する反射率が高いものとして構成されている第 1 の光反射部と、
を備えたことを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 22】実装部材と、
前記実装部材の上に実装され、第 1 の波長を有する 1 次光を放出する半導体発光素子と、
前記半導体発光素子の光取り出し側に設けられ、前記半導体発光素子から放出される前記 1 次光を吸収して前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長を有する 2 次光を放出

するものとして構成されている波長変換部と、
前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記 2 次光に対する吸収率が低く、前記半導体発光素子から放出される前記 1 次光に対する吸収率が高いものとして構成されている光吸収部と、
前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記 2 次光に対する反射率が低く、前記半導体発光素子から放出される前記 1 次光に対する反射率が高いものとして構成されている第 1 の光反射部と、
を備えたことを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 23】前記第 1 の光反射部は、前記半導体発光素子と前記光吸収部との間に設けられていることを特徴とする請求項 22 記載の半導体発光装置。

【請求項 24】前記第 1 の光反射部は、ブラッグ反射鏡により構成されていることを特徴とする請求項 21～23 のいずれか 1 つに記載の半導体発光装置。

【請求項 25】実装部材と、
前記実装部材の上に実装され、第 1 の波長を有する 1 次光を放出する半導体発光素子と、
前記半導体発光素子の光取り出し側に設けられ、前記半導体発光素子から放出される前記 1 次光を吸収して前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長を有する 2 次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、
前記半導体発光素子からみて前記光取り出し側と反対の側に設けられ、前記 1 次光を反射するものとして構成されている第 2 の光反射部と、
を備えたことを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 26】前記第 2 の光反射部は、反射率が波長選択性を有するブラッグ反射鏡により構成されていることを特徴とする請求項 25 記載の半導体発光装置。

【請求項 27】前記第 2 の光反射部は、前記 2 次光も反射するものとして構成されていることを特徴とする請求項 25 記載の半導体発光装置。

【請求項 28】実装部材と、
前記実装部材の上に実装され、第 1 の波長を有する 1 次光を放出する半導体発光素子と、
前記半導体発光素子の光取り出し側に設けられ、前記半導体発光素子から放出される前記 1 次光を吸収して前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長を有する 2 次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、
前記半導体発光素子の周囲を取り囲むように設けられ、前記半導体発光素子から放出される前記 1 次光を反射するものとして構成されている第 3 の光反射部と、
を備えたことを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 29】前記第 3 の反射鏡は、反射率が波長選択性を有するブラッグ反射鏡により構成されていることを特徴とする請求項 28 記載の半導体発光装置。

【請求項 30】前記第 3 の光反射部は、前記 2 次光も反射するものとして構成されていることを特徴とする請求

10

20

30

40

50

項 28 記載の半導体発光装置。

【請求項 31】実装部材と、
前記実装部材の上に実装され、第 1 の波長を有する 1 次光を放出する半導体発光素子と、
前記半導体発光素子の光取り出し側に設けられ、前記半導体発光素子から放出される前記 1 次光を吸収して前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長を有する 2 次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、
前記半導体発光素子と前記波長変換部との間に設けられ、前記 1 次光に対する反射率が低く、前記 2 次光に対する反射率が高いものとして構成されている第 4 の光反射部と、
を備えたことを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 32】前記第 4 の光反射部は、反射率が波長選択性を有するブラッグ反射鏡により構成されていることを特徴とする請求項 31 記載の半導体発光装置。

【請求項 33】前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記 2 次光に対する吸収率が低く、前記半導体発光素子から放出される前記 1 次光に対する吸収率が高いものとして構成されている光吸収部をさらに備えたことを特徴とする請求項 25～32 のいずれか 1 つに記載の半導体発光装置。

【請求項 34】前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記 2 次光に対する反射率が低く、前記半導体発光素子から放出される前記 1 次光に対する反射率が高いものとして構成されている第 1 の光反射部をさらに備えたことを特徴とする請求項 25～33 のいずれか 1 つに記載の半導体発光装置。

【請求項 35】前記第 1 の波長は、380nm 以下であり、
前記波長変換部は、蛍光物質を含み、
前記第 2 の波長は、前記第 1 の波長よりも長いことを特徴とする請求項 20～34 のいずれか 1 つに記載の半導体発光装置。

【請求項 36】前記半導体発光素子は、窒化ガリウム系半導体、ZnSe、ZnS、ZnSSe、SiC、および BN からなる群から選択されたいずれかの材料系を発光層に含むことを特徴とする請求項 20～35 のいずれか 1 つに記載の半導体発光装置。

【請求項 37】前記 2 次光は、可視光であることを特徴とする請求項 20～36 のいずれか 1 つに記載の半導体発光装置。

【請求項 38】前記 2 次光は、赤色と緑色と青色の波長領域にそれぞれ強度ピークを有する白色光であることを特徴とする請求項 20～37 のいずれか 1 つに記載の半導体発光装置。

【請求項 39】第 1 の波長を有する 1 次光を放出する半導体発光素子と、
前記半導体発光素子から放出される前記 1 次光の強度を調節する調光部と、

前記調光部により強度が調節された前記 1 次光を吸収して前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長を有する 2 次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、
前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記 2 次光に対する反射率が低く、前記波長変換部を透過する前記 1 次光に対する反射率が高いものとして構成されている第 1 の光反射部と、
を備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 40】第 1 の波長を有する 1 次光を放出する半導体発光素子と、
前記半導体発光素子から放出された前記 1 次光を吸収して前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長を有する 2 次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、
前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記 2 次光に対する反射率が低く、前記波長変換部を透過する前記 1 次光に対する反射率が高いものとして構成されている第 1 の光反射部と、
前記光反射部から放出される前記 2 次光の強度を調節する調光部と、
を備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 41】前記第 1 の光反射部は、ブラッグ反射鏡により構成されていることを特徴とする請求項 39 または 40 に記載の画像表示装置。

【請求項 42】前記第 1 の光反射部の光取り出し側に設けられ、前記第 1 の光反射部を透過した前記 2 次光に対する吸収率が低く、前記第 1 の光反射部を透過した前記 1 次光に対する吸収率が高いものとして構成されている光吸収部をさらに備えたことを特徴とする請求項 39～41 のいずれか 1 つに記載の画像表示装置。

【請求項 43】前記半導体発光素子と前記波長変換部との間に設けられ、前記 1 次光に対する反射率が低く、前記 2 次光に対する反射率が高いものとして構成されている第 4 の光反射部をさらに備えたことを特徴とする請求項 39～42 のいずれか 1 つに記載の画像表示装置。

【請求項 44】前記第 4 の光反射部は、反射率が波長選択性を有するブラッグ反射鏡により構成されていることを特徴とする請求項 43 記載の画像表示装置。

【請求項 45】前記第 1 の波長は、380nm 以下であり、

前記波長変換部は、蛍光物質を含み、
前記第 2 の波長は、前記第 1 の波長よりも長いことを特徴とする請求項 39～44 のいずれか 1 つに記載の画像表示装置。

【請求項 46】前記半導体発光素子は、窒化ガリウム系半導体、ZnSe、ZnS、ZnSSe、SiC、および BN からなる群から選択されたいずれかの材料系を発光層に含むことを特徴とする請求項 39～45 のいずれか 1 つに記載の画像表示装置。

【請求項 47】前記 2 次光は、可視光であることを特徴とする請求項 39～46 のいずれか 1 つに記載の画像表

示装置。

【精求項 48】前記 2 次光は、赤色と緑色と青色のいずれかの波長領域に強度ピークを有する光であることを特徴とする請求項 39～47 のいずれか 1 つに記載の画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体発光素子、半導体発光装置および画像表示装置に関する。より詳しくは、本発明は、発光層から放出される 1 次光の外部への漏洩を防止し、極めて高い効率で 2 次光に波長変換して外部に取り出すことができる半導体発光素子、半導体発光装置および画像表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体発光素子およびそれを搭載した各種の半導体発光装置は、コンパクト且つ低消費電力であり、信頼性に優れるなどの多くの利点を有し、近年では、高い発光輝度が要求される室内外の表示板、鉄道／交通信号、車載用灯具などについても広く応用されつつある。

【0003】これらの半導体発光素子のうちで、窒化ガリウム系半導体を用いた発光素子が最近、注目されている。窒化ガリウム系半導体は、直接遷移型の III-V 族化合物半導体であり、比較的短い波長領域において高効率で発光させることができるという特徴を有する。

【0004】なお、本明細書において「窒化ガリウム系半導体」とは、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1, x+y \leq 1$) なる化学式において組成比 x 及び y を零から 1 の範囲で変化させたすべての組成の半導体を含むものとする。例えば、 InGaN ($x>0, y=0$) も「窒化ガリウム系半導体」に含まれるものとする。

【0005】さらに、III 族元素としてホウ素 (B)、V 族元素として砒素 (As)、りん (P) の少なくともいずれかを含有した半導体も「窒化ガリウム系半導体」を含むものとする。

【0006】窒化ガリウム系半導体は、組成 x 及び y を制御することによってバンドギャップが 1.89～6.2 eV まで変化するために、LED や半導体レーザーの材料として有望視されている。特に、青色や紫外線の短波長領域で高輝度に発光させることができれば、各種光ディスクの記録容量を倍増させ、表示装置のフルカラー化を可能にすることができる。そこで、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 系半導体を用いた短波長発光素子は、その初期特性や信頼性の向上に向けて急速に開発が進められている。

【0007】このような窒化ガリウム系半導体を用いた従来の発光素子の構造を開示した参考文献としては、例えば、Jpn. J. Appl. Phys.、28 (1989) p. L2112、Jpn. J. Appl. Phy

s.、32 (1993) p. L8 或いは特開平 5-291621 号公報を挙げるることができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の発光発光素子では、発光層から放出される発光を直接外部に取り出す構造であるために、以下に列挙するような問題があった。

【0009】まず第 1 に、発光素子の構造のばらつきにより、発光波長が素子ごとにばらつくという問題があった。すなわち、半導体発光素子は、同一の条件で製造しても、不純物の混入量や各層厚などがばらつくことによって、その発光波長がばらつく傾向を有する。

【0010】第 2 に、駆動電流によって、発光波長が変化するという問題があった。すなわち、半導体発光素子に供給する電流量に応じて、その発光波長が変動することがあり、発光輝度と発光波長とを独立して制御することが困難であるという問題があった。

【0011】第 3 に、温度によって、発光波長が変化するという問題があった。すなわち、半導体発光素子の特に発光層部分の温度が変化すると、発光層の実効的なバンドギャップも変化するために、発光波長が変動するという問題があった。

【0012】以上説明したように、従来の半導体発光素子においては、構造、温度、電流などのばらつきをすべて制御して、発光波長の変動を所定の範囲、例えば数 nm の範囲内に抑えることは困難であった。

【0013】一方、従来の半導体発光装置においては、発光波長に応じて、内蔵する半導体発光素子の材料や構造を適宜選択し、変更しなければならないという問題もあった。例えば、赤色において発光させるためには、AlGaAs 系材料を用い、黄色においては GaAsP 系または InGaAlP 系材料、緑色系においては GaP 系または InGaAlP 系材料、青色においては InGaN 系材料の如く、最適な材料をその波長に併せて選択しなければならないという問題があった。

【0014】以上説明したような種々の問題を解消する方法として、半導体発光素子から放出される 1 次光を蛍光体などにより波長変換して、より波長の長い 2 次光として外部に取り出す構成も考えられる。

【0015】図 30 は、このような波長変換部を備えた半導体発光装置を例示する断面模式図である。同図に示した例は、いわゆる「リード・フレーム型」の発光ダイオード (LED) ランプである。すなわち、半導体発光素子 900 は、リード・フレーム 910 上にマウントされ、ワイア 930、930 により所定の端子に接続されている。また、半導体発光素子の周囲は蛍光体 950 により覆われている。さらに、半導体発光素子 910 は、モールド樹脂 940 により封止されている。

【0016】同図に示した半導体発光装置においては、半導体発光素子 900 から放出される 1 次光が蛍光体 9

10

20

30

40

50

50により波長変換されて、より長波長の2次光として外部に取り出すことができるようにされている。このような構成によれば、蛍光体層FLの材料を変更することにより、2次光の波長を調節することが可能となる。

【0017】しかし、図30に示したような構成において、半導体発光素子900から放出される1次光を、蛍光体950によりすべて吸収・変換させることは困難であった。すなわち、1次光のうちの一部分は、蛍光体950に吸収されることなく、外部に放出される。その結果として、変換効率が低下するという問題があった。

【0018】また、外部に取り出される光は、波長変換された2次光と未変換の1次光とが混合された混色光となる。しかし、例えばディスプレイなどのように複数の発光素子を並べて使用するような場合には、個々の発光装置の混色の比率がばらつくために、全体的な色歪として見栄えを劣化させる要因となる。

【0019】さらに、発光装置から放出される1次光の波長が380nm以下の紫外線である場合には、漏洩する1次光成分は、人体や周囲の部品などに対して悪影響を与え、実用上問題を生ずるおそれもある。例えば、モールド樹脂が発光素子からの紫外線により劣化し、黄変したり透過率が低下するという不具合を生ずる場合もある。

【0020】特に、従来の青色や紫色発光の半導体発光素子のなかで、不純物を介して遷移するタイプの発光層を有するものは、その発光波長帯が比較的広く、時として紫外線成分まで含む場合もある。このような不要な紫外線成分は、無駄な光として発光装置から放出されるばかりでなく、その漏れ光が上述した種々の問題を生ずることとなる。また、太陽光や蛍光灯などの光源から放出される紫外線が外乱光として発光装置に侵入し、蛍光体が不要な発光を生ずるという問題もあった。

【0021】本発明は、かかる種々の問題点を鑑みてなされたものである。すなわち、本発明は、発光波長が極めて安定で、しかも、可視光から赤外線領域までの種々の波長において高い変換効率で波長変換することができる半導体発光素子および半導体発光装置を提供することを目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の半導体発光素子は、第1の波長を有する1次光を放出する発光層と、前記発光層の光取り出し側に設けられ、前記発光層から放出される前記1次光を吸収して前記第1の波長とは異なる第2の波長を有する2次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記2次光に対する吸収率が低く、前記発光層から放出される前記1次光に対する吸収率が高いものとして構成されている光吸収部と、を備えたことを特徴とする。

【0023】または、本発明の半導体発光素子は、第1の波長を有する1次光を放出する発光層と、前記発光層の光取り出し側に設けられ、前記発光層から放出される前記1次光を吸収して前記第1の波長とは異なる第2の波長を有する2次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記2次光に対する反射率が低く、前記発光層から放出される前記1次光に対する反射率が高いものとして構成されている第1の光反射部と、を備えたことを特徴とする。

【0024】または、本発明の半導体発光素子は、第1の波長を有する1次光を放出する発光層と、前記発光層の光取り出し側に設けられ、前記発光層から放出される前記1次光を吸収して前記第1の波長とは異なる第2の波長を有する2次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記2次光に対する吸収率が低く、前記発光層から放出される前記1次光に対する吸収率が高いものとして構成されている光吸収部と、前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記2次光に対する反射率が低く、前記発光層から放出される前記1次光に対する反射率が高いものとして構成されている第1の光反射部と、を備えたことを特徴とする。半導体発光素子。

【0025】さらに、本発明の望ましい実施の形態としては、前記第1の光反射部は、前記発光層と前記光吸収部との間に設けられていることを特徴とする。

【0026】また、前記第1の光反射部は、ブラッグ反射鏡により構成されていることを特徴とする。

【0027】または、本発明の半導体発光素子は、第1の波長を有する1次光を放出する発光層と、前記発光層の光取り出し側に設けられ、前記発光層から放出される前記1次光を吸収して前記第1の波長とは異なる第2の波長を有する2次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、前記発光層からみて前記光取り出し側と反対の側に設けられ、前記1次光を反射するものとして構成されている第2の光反射部と、を備えたことを特徴とする。

【0028】ここで、前記第2の光反射部は、反射率が波長選択性を有するブラッグ反射鏡により構成されて、または、前記2次光も反射するものとして構成されていても良い。

【0029】または、本発明の半導体発光素子は、第1の波長を有する1次光を放出する発光層と、前記発光層の光取り出し側に設けられ、前記発光層から放出される前記1次光を吸収して前記第1の波長とは異なる第2の波長を有する2次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、前記発光層の周囲を取り囲むように設けられ、前記発光層から放出される前記1次光を反射するものとして構成されている第3の光反射部と、を備え

10

20

30

40

50

たことを特徴とする。

【0030】ここで、前記第3の反射鏡は、反射率が波長選択性を有するブラッグ反射鏡により構成されて、または、前記2次光も反射するものとして構成されている。

【0031】または、本発明の半導体発光素子は、第1の波長を有する1次光を放出する発光層と、前記発光層の光取り出し側に設けられ、前記発光層から放出される前記1次光を吸収して前記第1の波長とは異なる第2の波長を有する2次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、前記発光層と前記波長変換部との間に設けられ、前記1次光に対する反射率が低く、前記2次光に対する反射率が高いものとして構成されている第4の光反射部と、を備えたことを特徴とする。

【0032】ここで、前記第4の光反射部は、反射率が波長選択性を有するブラッグ反射鏡により構成されていることを特徴とする。

【0033】さらに、前述した第2乃至第4の光反射部とともに、前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記2次光に対する吸収率が低く、前記発光層から放出される前記1次光に対する吸収率が高いものとして構成されている光吸収部をさらに備えたことを特徴とする。

【0034】また、前述した第2乃至第4の光反射部とともに、前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記2次光に対する反射率が低く、前記発光層から放出される前記1次光に対する反射率が高いものとして構成されている第1の光反射部をさらに備えたことを特徴とする。

【0035】また、前記第2乃至第3の光反射部は、反射率が実質的に波長選択性を有しない全反射鏡により構成されている。

【0036】また、前記第1の波長は、380nm以下であり、前記波長変換部は、蛍光物質を含み、前記第2の波長は、前記第1の波長よりも長いことを特徴とする。

【0037】また、前記発光層は、窒化ガリウム系半導体、ZnSe、ZnS、ZnSSe、SiC、およびBNからなる群から選択されたいずれかの材料系を主成分とすることを特徴とする。

【0038】また、前記2次光は、可視光であることを特徴とする。

【0039】また、前記2次光は、赤色と緑色と青色の波長領域にそれぞれ強度ピークを有する白色光であることを特徴とする。

【0040】一方、本発明による半導体発光装置も、半導体発光素子に対して、波長変換部、第1乃至第4の光反射部、光吸収部などの構成要素を適宜選択し、前述した半導体発光素子における発光層の場合と同様の位置関係に配置することにより、波長変換効率や光の取り出し

効率が極めて高いものとして構成することができる。

【0041】また、本発明による画像表示装置は、第1の波長を有する1次光を放出する半導体発光素子と、前記半導体発光素子から放出される前記1次光の強度を調節する調光部と、前記調光部により強度が調節された前記1次光を吸収して前記第1の波長とは異なる第2の波長を有する2次光を放出するものとして構成されている波長変換部と、前記波長変換部の光取り出し側に設けられ、前記波長変換部から放出される前記2次光に対する反射率が低く、前記波長変換部を透過する前記1次光に対する反射率が高いものとして構成されている第1の光反射部と、を備えたことを特徴とするものとして構成される。

【0042】

【発明の実施の形態】本発明は、波長変換機能を有する波長変換部と、波長選択性を有する光反射部と、波長選択性を有する光吸収部と、を適宜組み合わせて適宜所定の位置関係に配置することにより、1次光の外周への漏洩を遮断するとともに極めて高い効率で波長変換して外部に2次光を取り出すことができる半導体発光素子、半導体発光装置および画像表示装置を提供するものである。

【0043】以下、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明による第1の実施形態に係る半導体発光素子の概略構成を例示する断面図である。同図に示した半導体発光素子10Aは、半導体発光素子であり、その光の取り出し経路に、波長変換部FLおよび光吸収部ABが設けられている点に特徴を有する。ここで用いる半導体発光層は、波長変換部FLに所定の波長帯の光を供給できるものであれば良い。例えば、青色から紫外線領域の発光を得るためには、窒化ガリウム系半導体や、SiC（炭化シリコン）系、あるいはZnSe（セレン化亜鉛）系などの種々の材料を用いることができる。以下に、窒化ガリウム系半導体を用いた場合を例に挙げて説明する。

【0044】すなわち、発光素子10Aは、サファイア基板12上に積層された半導体の多層構造を有する。サファイア基板12上には、バッファ層14、n型コンタクト層16、n型クラッド層18、発光層20、p型クラッド層22およびp型コンタクト層24がこの順序で形成されている。これらの各層は、例えば、有機金属化学気相成長法（metal-organic chemical vapor deposition: MOCVD）により成長することができる。

【0045】バッファ層14の材料は、例えばn型のGaNとすることができる。n型コンタクト層16は、n側電極34とのオーミック接触を確保するように高いキャリア濃度を有するn型の半導体層であり、その材料は、例えば、GaNとすることができる。n型クラッド層18およびp型クラッド層22は、それぞれ発光層20にキャリアを閉じこめる役割を有する。その材料は、

10

20

30

40

50

例えば、発光層 20 よりもバッドギャップの大きい AlGaIn とすることができる。発光層 20 は、発光素子に電流として注入された電荷が再結合することにより発光を生ずる半導体層である。その材料としては、例えば、アンドープの InGaIn を用いることができる。p 型コンタクト層 24 は、p 側電極とのオーミック接触を確保するように高いキャリア濃度を有する p 型の半導体層であり、その材料は、例えば、GaIn とすることができる。

【0046】p 型コンタクト層 24 の上には、透光性を有する p 側電極層 26 が堆積されている。また、n 型コンタクト層 18 の上には、n 側電極層 34 が堆積されている。それぞれの電極の上には、Au からなるボンディング・パッド 32 が堆積されている。ボンディング・パッド 32 には、駆動電流を素子に供給するための図示しないワイヤがボンディングされる。さらに、素子の表面部分は、酸化シリコンなどによる保護膜 30 が形成されている。

【0047】ここで、本発明においては、p 側電極 26 の上に、波長変換部 FL および光吸収部 AB が、この順序で積層されている。これらのうちで、まず、波長変換部 FL について説明する。

【0048】波長変換部 FL は、発光層 20 から放出された 1 次光を吸収して、より長波長の 2 次光を放出する役割を有する。その構成としては、例えば、所定の媒体に蛍光体を含有させた層とすることができる。この蛍光体は、発光層 20 から放出される 1 次光を吸収して励起され、所定の波長を有する 2 次光を放出する。例えば、発光層 20 から放出される 1 次光が、波長約 330 nm の紫外線であり、蛍光体により波長変換された 2 次光は、可視光あるいは赤外線領域の所定の波長を有するようにすることができる。2 次光の波長は、蛍光体の材料を適宜選択することにより、調節することができる。紫外線領域の 1 次光を吸収して、効率良く 2 次光を放出する蛍光体としては、例えば、赤色の発光を生ずるものとしては、 $Y_2O_3:S:Eu$ や $La_2O_3:S:(Eu, Sm)$ 、青色の発光を生ずるものとしては、 $(Sr, Ca, Ba, Eu)_2(PO_4)_2 \cdot Cl_2$ 、緑色の発光を生ずるものとしては、 $3(Ba, Mg, Eu, Mn)O \cdot 8Al_2O_3$ などを挙げることができる。これらの蛍光物質を適当な割合で混合すれば、可視光領域の殆どすべての色調を表現することができる。

【0049】また、これらの蛍光物質は、300~380 nm 付近の波長帯において吸収ピークを有する。従って、これらの蛍光物質により効率的に波長変換を行うためには、発光層 20 が 380 nm 以下の波長帯の紫外線を放出するようにすることが望ましい。また、蛍光物質の変換効率を最大とするためには、330 nm 付近の波長の紫外線を放出することがさらに望ましい。

【0050】次に、光吸収部 AB について説明する。光

吸収部は、波長選択性を有する吸収体であり、1 次光を高い効率で吸収するとともに 2 次光は透過させる役割を有する。すなわち、1 次光の波長の光に対する吸収率が高く、2 次光の波長の光に対する吸収率は低いような吸収特性を有する。この具体的な構成としては、例えば、透光性の媒体に所定の吸収体を分散させたものを挙げることができる。1 次光として、紫外線領域の光が用いられる場合には、吸収体 AB の材料としては、例えば、ベンゾトリアゾール、シアノアクリレートなどを用いることができる。また、同様の特性を示す材料としてパラアミノ安息酸、ベンゾフェノン、ケイ皮酸などを用いることもできる。また、色素系の材料としては、2 次光が赤色の光の場合には、カドミウム・レッドや弁柄を用いることができ、2 次光が青色の光の場合には、コバルト・ブルーや群青などを用いることができる。

【0051】このような光吸収部 AB を設けることにより、波長変換部 FL を透過した 1 次光を吸収して外部への漏洩を防止することができるとともに、外部に取り出す光のスペクトルを調節して、純色性を改善することも可能となる。また、外部から入射する紫外線も吸収することができるので、このような外乱光により波長変換部 FL が励起されて不要な発光が生ずるという問題も解消することができる。

【0052】次に、本発明による第 2 の実施形態に係る半導体発光素子について説明する。図 2 は、本発明による第 2 の実施形態に係る半導体発光素子の概略構成を例示する断面図である。同図に示した半導体発光素子 10B も、窒化ガリウム系半導体などを用いた発光素子であり、その光の取り出し経路に、波長変換部 FL、および光反射部 RE1 が設けられている点に特徴を有する。ここで、前述した図 1 の発光素子と同一の部分については、同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0053】ここで、本実施形態においては、光吸収層 AB の代わりに光反射部 RE1 が設けられている点で前述した第 1 実施形態と異なる。光反射部 RE1 は波長選択性を有する反射層であり、波長変換部 FL から入射する光のうちで、1 次光を反射し、2 次光を透過させる役割を有する。すなわち、光反射部 RE1 は、1 次光の波長の光を反射し、2 次光の波長の光を透過するカット・オフ・フィルタ、あるいはバンドパス・フィルタとして作用する。その具体的な材料としては、例えば、1 次光が紫外線領域の光の場合には、酸化チタンや酸化亜鉛などを用いることができる。これらの反射性の材料を、所定の溶媒中に適宜分散させ、波長変換部 FL の上にコーティングして光反射部 RE1 を形成することができる。

【0054】また、光反射部 RE1 として、ブラッグ反射鏡を用いることもできる。すなわち、屈折率が異なる 2 種類の薄膜を交互に積層することにより、特定の波長領域の光に対する反射率が高い反射鏡を形成することができる。例えば、1 次光の波長を λ 、薄膜層の光屈折率

を n とした場合に、膜厚をそれぞれ $\lambda / (4n)$ とした 2 種類の薄膜を交互に積層することにより、1 次光に対する反射率が極めて高い反射鏡を形成することができる。このような 2 種類の薄膜は、光屈折率の差が大きいことが望ましい。その組み合わせとしては、例えば、酸化シリコン (SiO_2) と酸化チタン (TiO_2)、窒化アルミニウム (AlN) と窒化インジウム (InN)、あるいはこれらのうちのいずれかの材料からなる薄膜と、アルミニウム・ガリウム砒素、アルミニウム・ガリウム燐、五酸化タンタル、多結晶シリコン、非晶質シリコンなどのいずれか材料の薄膜とを適宜組み合わせても良い。

【0055】このような光反射部 RE1 を配置することにより、波長変換部 FL を透過して漏洩した 1 次光を高い効率で反射して、波長変換部 FL に再び戻すことができる。このようにして戻された 1 次光は、波長変換部 FL において波長変換され、2 次光として、光反射部 RE1 を透過する。つまり、波長変換部 FL の光出射側に光反射部 RE1 を配置することにより、1 次光の漏洩を防止するとともに、波長変換部 FL を透過した 1 次光を戻して高い効率で波長変換することができるようになる。また、外部から侵入する紫外線も反射することができる。すなわち、外乱光により波長変換部 FL が励起されて不要な発光が生ずるという問題を解消することができる。

【0056】次に、本発明の第 3 の実施の形態について説明する。図 3 は、本発明による第 3 の実施形態に係る半導体発光素子の概略構成を例示する断面図である。同図に示した半導体発光素子 10C は、半導体発光素子であり、その光の取り出し経路に、波長変換部 FL、光反射部 RE1、および光吸収部 AB が設けられている点に特徴を有する。ここで、前述した図 1 あるいは図 2 の発光素子と同一の部分については、同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0057】本実施形態によれば、光反射部 RE1 と光吸収部 AB とを組み合わせ配置することにより、さらに改善された半導体発光素子を提供することができる。すなわち、光反射部 FL は、波長変換部 FL を透過して漏洩した 1 次光を高い効率で反射して、波長変換部 FL に再び戻すことができる。このようにして戻された 1 次光は、波長変換部 FL において波長変換され、2 次光として、光反射部 RE1 を透過する。つまり、波長変換部 FL の光出射側に光反射部 RE1 を配置することにより、1 次光の漏洩を防止するとともに、波長変換部 FL を透過した 1 次光を戻して高い効率で波長変換することができるようになる。また、外部から侵入する紫外線も反射することができる。すなわち、外乱光により波長変換部 FL が励起されて不要な発光が生ずるという問題を解消することができる。

【0058】さらに、光反射部 RE1 の上に光吸収部 A

B を設けることにより、光反射部 RE1 を透過した 1 次光を吸収して外部への漏洩を防止することができる。とともに、外部に取り出す光のスペクトルを調節して、純色性を改善することも可能となる。また、外部から入射する紫外線も吸収することができるので、このような外乱光により波長変換部 FL が励起されて不要な発光が生ずるという問題も解消することができる。

【0059】次に、本発明による第 4 の実施形態に係る半導体発光素子について説明する。図 4 は、本発明による第 4 の実施形態に係る半導体発光素子の概略構成を例示する断面図である。同図に示した半導体発光素子 10D も、半導体発光素子であり、光の取り出し経路に、波長変換部 FL、光反射部 RE1、および光吸収部 AB が設けられている。ここで、前述した図 1 あるいは図 2 の発光素子と同一の部分については、同一の符号を付して説明を省略する。

【0060】本実施形態においては、さらに、発光層 20 からみて光取り出し側と反対側、つまり基板側に、第 2 の光反射部 RE2 が設けられている。この光反射部 RE2 は、発光層 20 から放出された 1 次光を反射して、波長変換部 FL に入射させる役割を有する。このような反射部 RE2 を設けることにより、発光層 20 から基板 12 側に放出される 1 次光を有効に利用することができるようになる。すなわち、このような反射部 RE2 を設けない場合には、発光層 20 から基板 12 側に放出される 1 次光は、途中の各層において吸収され、あるいは基板 12 の裏面において乱反射されることが多く、波長変換部 FL において効率良く波長変換することができなかった。しかし、本発明によれば、光反射部 RE2 を設けることにより、1 次光を反射させて波長変換部 FL に入射させることができる。その結果として、1 次光を高い効率で波長変換して外部に取り出すことができるようになる。

【0061】光反射部 RE2 の具体的な構成としては、例えば、前述したようなブラッグ反射鏡とすることができる。すなわち、1 次光に対して高い反射率を有するように構成したブラッグ反射鏡とすることにより、発光層 20 から基板 12 側に放出された 1 次光を高い反射率で波長変換部 FL に戻すことができるようになる。その具体的な構成としては、例えば、窒化アルミニウム (AlN) と窒化インジウム (InN)、窒化インジウムとアルミニウム・ガリウム砒素、窒化インジウムとアルミニウム・ガリウム燐などの薄膜を交互に積層したものを挙げることができる。または、図 2 に関して前述したように、酸化チタンや酸化亜鉛などの反射性の材料を、所定の溶媒中に適宜分散させ、波長変換部 FL の上にコーティングして光反射部 RE1 を形成することもできる。

【0062】また、光反射部 RE2 は、このような波長選択性を有しない全反射鏡であっても良い。すなわち、1 次光だけでなく、2 次光に対しても高い反射率を有す

10

20

30

40

50

るような反射鏡とすれば、波長変換部 F L から基板 12 方向に放出される 2 次光を効率良く反射して外部に取り出すことができるようになる。このような全反射鏡は、ブラッグ反射鏡ではなく、金属膜などの反射率の高い材料を単層として用いることができる。

【0063】一方、光反射部 R E 2 を配置する位置は、図 4 に示した例には限定されない。すなわち、各結晶層 12 ~ 20 の間に配置したり、基板 12 の裏面に位置しても良い。さらに、各結晶層 14 ~ 18 のいずれかを光反射層 R E 2 として構成しても良い。

【0064】次に、本発明による第 5 の実施形態に係る半導体発光素子について説明する。図 5 は、本発明による第 5 の実施形態に係る半導体発光素子の概略構成を示す断面図である。同図に示した半導体発光素子 10 E においても、光の取り出し経路に、波長変換部 F L、光反射部 R E 1、および光吸収部 A B が設けられている。ここでも、図 1 あるいは図 2 に関して前述した発光素子と同一の部分については、同一の符号を付して説明を省略する。

【0065】本実施形態においては、さらに、発光素子の周囲が光反射部 R E 3 により取り囲まれている。この光反射部 R E 3 は、波長選択性を有するものであっても、波長選択性を有しない全反射鏡であっても良い。

【0066】光反射部 R E 3 が、波長選択性を有する場合には、発光層 20 から放出された 1 次光を反射して、外部への漏洩を防止することができる。さらに、このようにして反射を繰り返された 1 次光は、最終的に波長変換部 F L に入射して 2 次光に変換されるので、波長変換効率を改善することができる。このような波長選択性は、前述したようなブラッグ反射鏡などにより実現することができる。

【0067】一方、光反射部 R E 3 が、波長選択性を有しない場合には、1 次光のみならず、2 次光などの波長を有する光成分の外部への漏洩も防止することができる。このような全反射鏡は、例えば、金属膜により形成することができる。そして、このような全反射鏡を形成することにより、発光素子 10 E の光放出部を、光反射部 R E 3 が形成されていない開口部のみに限定することができる。すなわち、発光素子 10 E の周囲をこのような光反射部 R E 3 で取り囲んで、所定の開口部のみから 2 次光が放出されるようにすれば、光の放射パターンをその開口の形状にあわせて容易に制御することができるようになる。例えば、光反射部 R E 3 の開口を極めて小さく形成することにより、点光源状の発光素子を容易に形成することができる。このような点光源は、レンズなどの光学系により効果的に集光することができ、実用上有利である場合が多い。

【0068】次に、本発明による第 6 の実施形態に係る半導体発光素子について説明する。図 6 は、本発明による第 6 の実施形態に係る半導体発光素子の概略構成を例

示する断面図である。同図に示した半導体発光素子 10 F においては、波長変換部 F L の光入射側に第 2 の光反射部 R E 4 が設けられている。すなわち、光の取り出し経路に、光反射部 R E 4、波長変換部 F L、光反射部 R E 1、および光吸収部 A B がこの順序で設けられている。ここでも、図 1 あるいは図 2 に関して前述した発光素子と同一の部分については、同一の符号を付して説明を省略する。

【0069】本実施形態における光反射部 R E 4 は、発光層 20 から放出される 1 次光を透過し、波長変換部において変換され放出される 2 次光は反射するような波長選択性を有する。すなわち、1 次光に波長の光に対する反射率は低く、2 次光の波長の光に対する反射率が高くなるように構成されている。このような波長選択性は、例えば、前述したブラッグ反射鏡を利用することにより実現することができる。

【0070】また、波長変換部 F L は、1 次光を吸収してそれよりも波長が長い 2 次光を放出する役割を有する。その詳細については、第 1 実施形態に関して前述したものと同様である。

【0071】また、光反射部 R E 1 は、波長変換部から放出される 2 次光に対する反射率が低く、1 次光に対する反射率が高くなるように構成されている。このような波長選択性も、前述したブラッグ反射鏡を利用することにより実現することができる。

【0072】光吸収部 A B は、1 次光に対して高い光吸収率を有し、2 次光に対しては低い吸収率を有するように構成される。この詳細な構成についても、第 1 実施形態に関して前述したものと同様とすることができる。

【0073】本実施形態によれば、発光層 20 から放出された 1 次光は光反射部 R E 4 を透過して波長変換部 F L に入射し、2 次光に波長変換される。また、波長変換部 F L において波長変換されずに透過した 1 次光は、光反射部 R E 1 により反射されて再び波長変換部 F L に戻される。さらに、光反射部 R E 1 も透過した 1 次光は、光吸収部 A B において吸収され、外部への漏洩が防止される。

【0074】一方、波長変換部 F L から放出された 2 次光のうちで光反射部 R E 1 の方向に出射した光成分は、光反射部 R E 1 および光吸収部 A B を透過して外部に取り出すことができる。また、波長変換部 F L から放出された 2 次光のうちで発光層 20 の方向に出射した光成分は、光反射部 R E 4 により反射され、波長変換部 F L、光反射部 R E 1 および光吸収部 A B を透過して外部に取り出すことができるようになる。

【0075】すなわち、光反射部 R E 4 を設けない場合には、波長変換部 F L から発光層 20 の方向に放出された 2 次光は、各層 12 ~ 26 により吸収され、あるいは、層間の界面や基板 12 の裏面において乱反射されて、外部に有効に取り出すことができない。これに対し

10

20

30

40

50

て、本実施形態によれば、光反射部 R E 4 を設けることにより、波長変換部 F L から発光層 20 の方向に放出される 2 次光を光反射部 R E 4 により反射して、外部に効率良く取り出すことができるようになる。

【0076】また、本実施形態と、前述した第 4 実施形態または第 5 実施形態とを組み合わせることにより、さらに高効率の半導体発光素子を実現することもできる。すなわち、本実施形態の構成に、第 4 実施形態で説明した光反射部 R E 2 を追加することにより、発光層 20 から放出される 1 次光をさらに効率良く波長変換部 F L に導いて、波長変換することができるようになる。また、本実施形態の構成に、第 5 実施形態で説明した光反射部 R E 3 を追加することにより、発光素子の発光パターンを制御して、容易に点光源を構成することができるようになる。

【0077】以上、図 1～図 6 においては、サファイア基板上に成長した窒化ガリウム系半導体発光素子を例に挙げて説明した。しかし、本発明は、これに限定されるものではない。この他にも、例えば、S i C 基板やその他の基板上に成長した窒化ガリウム系半導体発光素子においても本発明を同様に適用して、同様の効果を得ることができる。また、発光層をはじめとする各層の材料は窒化ガリウム系半導体に限定されず、波長変換部 F L において効率よく波長変換されるような 1 次光を放出する材料であれば良い。蛍光体を利用して可視光を得るような場合においては、青色から紫外線領域の波長の光を放出する発光層を用いることが望ましい。このような発光層の材料としては、窒化ガリウム系半導体の他に、例えば、Z n S e、Z n S、S i C、B N などの材料を挙げることができる。

【0078】次に、本発明による半導体発光装置について説明する。図 7 は、本発明の実施形態に係る半導体発光装置を表す概略断面図である。同図に表した半導体発光装置 100 A は、いわゆる「リード・フレーム・タイプ」の「LED ランプ」と称されるものである。すなわち、半導体発光素子 900 は、リード・フレーム 110 のカップの底部にマウントされている。そして、発光素子の p 側電極および n 側電極は、それぞれ、リード・フレーム 110 および 120 に対して、ワイア 130、130 により接続されている。さらに、リード・フレームの先端部は、樹脂 140 によりモールドされ保護されている。

【0079】本実施形態においては、半導体発光素子 900 の表面に波長変換部 F L が配置されている。さらに、樹脂 140 は、波長選択性を有する光吸収部 A B として作用するように構成されている。

【0080】波長変換部 F L は、半導体発光素子 900 から放出される 1 次光を吸収して、より長波長の 2 次光を放出する役割を有する。その構成は、図 1 に関して前述したものと同様とすることができる。すなわち、その

具体例としては、透光性を有する媒体中に所定の蛍光体を分散させたものを挙げることができる。これらの溶媒や無機系コーティング剤を発光素子 900 の表面に塗布することにより波長変換部 F L を形成することができる。

【0081】光吸収部 A B は、波長変換部から放出される 2 次光を透過し、発光素子から放出される 1 次光は吸収するような波長選択性を有する。すなわち、樹脂 140 に所定の光吸収体を分散させることにより、光吸収部 A B を構成することができる。その構成の詳細についても、図 1 に関して前述した光吸収部 A B と同様とすることができる。すなわち、1 次光が紫外線の場合には、光吸収体を構成する物質として、例えば、ベンゾトリアゾール、シアノアクリレート、パラアミノ酸、ベンゾフェノン、ケイ皮酸などを用いることができる。

【0082】また、半導体発光素子 900 としては、波長変換部 F L における波長変換効率を高くするためには発光波長の短いものであることが望ましい。このような発光素子としては、例えば、窒化ガリウム系半導体や、Z n S e、Z n S、S i C、B N などの材料を発光層に用いた半導体発光素子を挙げることができる。

【0083】本発明によれば、波長変換部 F L を配置することにより、半導体発光素子 900 からの 1 次光を所望の波長の可視光または赤外線に変換することができる。

【0084】さらに、光吸収部 A B を設けることにより、波長変換部 F L を透過した 1 次光を吸収して外部への漏洩を防止することができるとともに、外部に取り出す光のスペクトルを調節して、純色性を改善することも可能となる。また、外部から侵入する外乱光により、波長変換部 F L が不必要な発光を生ずるという問題も解消することができる。

【0085】なお、図 7 においては、リードフレームタイプの LED ランプを一例として示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、その他にも例えば、S M D (surface mounted device: 表面実装型デバイス) タイプの LED ランプについても同様に適用して同様の効果を得ることができる。

【0086】次に、本発明による第 2 の半導体発光装置について説明する。図 8 は、本発明による第 2 の半導体発光装置を表す概略断面図である。同図に表した半導体発光装置 100 B も、リードフレームタイプの LED ランプである。本具体例については、図 7 に関して前述したものと同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0087】本具体例においては、半導体発光素子 900 の表面に波長変換部 F L が配置されている。さらに、封止樹脂は、リードフレームのカップ部に設けられたインナーモールド部 140 a と、その外側を覆うように設けられたアウターモールド部 140 b とからなる。そし

10

20

30

40

50

て、インナーモールド部 140a が波長選択性を有する光吸収部 A B として作用するように構成されている。

【0088】インナーモールド部 140a の材料としては、例えばエポキシ樹脂を用いることができる。そして、これに分散させる光吸収体としては、図 7 に関して前述したものと同様にベンゾトリアゾールなどの各種の材料を用いることができる。

【0089】また、アウターモールド部 140b は、光透過性を有する樹脂により形成されている。

【0090】本具体例の発光装置の具体的な製造方法としては、例えば、所定の溶媒やコーティング剤に波長選択性を有する光吸収体を分散させ、発光素子や蛍光体の周囲を封止してインナーモールド部 140a を形成し、しかる後に、光透過性モールド樹脂によりその周囲を封止して、アウターモールド部 140b を形成することができる。

【0091】また、蛍光体と波長選択性光吸収体とを混合した所定の溶媒やコーティング剤を発光素子の周囲に滴下または塗布し、両者の沈降速度の差異を利用して蛍光体を発光素子の表面に積層させ、さらにその上に光吸収体を積層させるようにしても良い。一般的に、蛍光体は、比重が比較的大きいために先に沈み、光吸収体は分子量の大きい有機物質であり、またその粘性のために後まで溶媒の中にとどまる。光吸収体の融点を混入させるコーティング剤などの熱硬化温度近傍に設定することにより、熱硬化過程でコーティング剤の中に均一に分散させることができる。

【0092】このような光吸収部 A B を設けることにより、波長変換部 F L を透過した 1 次光を吸収して外部への漏洩を防止することができるとともに、外部に取り出す光のスペクトルを調節して、純色性を改善することも可能となる。また、外部から入射する紫外線も吸収することができるので、このような外乱光により波長変換部 F L が励起されて不要な発光が生ずるという問題も解消することができる。

【0093】次に、本発明による第 3 の半導体発光装置について説明する。図 9 は、本発明による第 3 の半導体発光装置を表す概略断面図である。同図に表した半導体発光装置 100C も、リードフレームタイプの LED ランプである。本具体例についても、図 7 に関して前述したものと同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0094】本具体例においては、樹脂 140 は、波長選択性を有する光反射部 R E 1 として作用するように構成されている。すなわち、樹脂 140 は、波長選択性を有する光反射体を含有したエポキシ樹脂などからなる。樹脂 140 に含有される波長選択性光反射体は、波長変換部 F L を透過して発光素子から放出される紫外線などの 1 次光を反射、散乱し、蛍光体からの 2 次光は透過する性質を有する。このような材料としては、前述したよ

うに酸化チタン、酸化亜鉛などを用いることができる。

【0095】このような光反射部 R E 1 を配置することにより、波長変換部 F L を透過して漏洩した 1 次光を高い効率で反射して、波長変換部 F L に再び戻ることができる。このようにして戻された 1 次光は、波長変換部 F L において波長変換され、2 次光として、光反射部 R E 1 を透過する。つまり、波長変換部 F L の光出射側に光反射部 R E 1 を配置することにより、1 次光の漏洩を防止するとともに、波長変換部 F L を透過した 1 次光を戻して高い効率で波長変換することができるようになる。また、外部から侵入する紫外線も反射することができる。すなわち、外乱光により波長変換部 F L が励起されて不要な発光が生ずるという問題を解消することができる。

【0096】次に、本発明による第 4 の半導体発光装置について説明する。図 10 は、本発明による第 4 の半導体発光装置を表す概略断面図である。同図に表した半導体発光装置 100D も、リードフレームタイプの LED ランプである。本具体例については、図 7 に関して前述したものと同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0097】本具体例においては、半導体発光素子 900 の表面に波長変換部 F L が配置されている。さらに、封止樹脂は、リードフレームのカップ部に設けられたインナーモールド部 140a と、その外側を覆うように設けられたアウターモールド部 140b とからなる。そして、インナーモールド部 140a が波長選択性を有する光反射部 R E 1 として作用するように構成されている。

【0098】インナーモールド部 140a の材料としては、例えばエポキシ樹脂を用いることができる。そして、これに分散させる光反射体としては、図 9 に関して前述したものと同様に酸化チタンなどの各種の材料を用いることができる。

【0099】また、アウターモールド部 140b は、光透過性を有する樹脂により形成されている。

【0100】本具体例の発光装置の具体的な製造方法としては、図 8 に関して前述したものと同様とすることができる。すなわち、所定の溶媒やコーティング剤に波長選択性を有する光反射体とを分散させ、発光素子や蛍光体の周囲を封止してインナーモールド部 140a を形成し、しかる後に、光透過性モールド樹脂によりその周囲を封止して、アウターモールド部 140b を形成することができる。

【0101】また、蛍光体と波長選択性光反射体とを混合した所定の溶媒やコーティング剤を発光素子の周囲に滴下または塗布し、両者の沈降速度の差異を利用して蛍光体を発光素子の表面に積層させ、さらにその上に光反射体を積層させるようにしても良い。

【0102】このような光反射部 R E 1 を設けることにより、図 9 に関して前述したような種々の効果を同様に

10

20

30

40

50

得ることができる。

【0103】次に、本発明による第5の半導体発光装置について説明する。図11は、本発明による第5の半導体発光装置を表す概略断面図である。同図に表した半導体発光装置100Eも、リードフレームタイプのLEDランプである。本具体例については、図7に関して前述したものと同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0104】本具体例においては、半導体発光素子900の表面に波長変換部FLが配置されている。その材料や形成方法は、図7に関して前述したものと同様とすることができる。さらに、その上に波長選択性の光吸収部ABが設けられ、樹脂140により封止されている。

【0105】本具体例における光吸収部ABも、発光素子から放出される紫外線などの1次光を吸収し、蛍光体から放出される可視光などの2次光を透過する性質を有する。このような機能材として、本具体例においては、ダイクロイックフィルタやUV（紫外線）カットフィルタを用いる。ここで、発光素子900と光吸収部ABとの間の空間は、樹脂などにより埋められていても良く、または所定の雰囲気ガスにより充填されていても良い。

【0106】このような光吸収部ABを設けることによっても、図7に関して前述したような種々の効果を同様とすることができる。

【0107】次に、本発明による第6の半導体発光装置について説明する。図12は、本発明による第6の半導体発光装置を表す概略断面図である。同図に表した半導体発光装置100Fも、リードフレームタイプのLEDランプである。本具体例については、図7に関して前述したものと同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0108】本具体例においては、半導体発光素子900の表面に波長変換部FLが配置されている。その材料や形成方法は、図7に関して前述したものと同様とすることができる。さらに、その上に波長選択性の光反射部RE1が設けられ、樹脂140により封止されている。

【0109】本具体例における光反射部RE1も、発光素子から放出される紫外線などの1次光を反射し、蛍光体から放出される可視光などの2次光を透過する性質を有する。このような機能材として、本具体例においては、ダイクロイックミラーを用いる。ここで、発光素子900と光反射部RE1との間の空間は、樹脂などにより埋められていても良く、または所定の雰囲気ガスにより充填されていても良い。

【0110】また、光反射部RE1としては、前述したブラッグ反射鏡を用いても良い。

【0111】このような光反射部RE1を設けることによっても、図9に関して前述したような種々の効果を同様とすることができる。

【0112】次に、本発明による第7の半導体発光装置

について説明する。図13は、本発明による第7の半導体発光装置を表す概略断面図である。同図に表した半導体発光装置100Gも、リードフレームタイプのLEDランプである。本具体例については、図7あるいは図8に関して前述したものと同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0113】本具体例においては、半導体発光素子900aは、例えば、青色あるいは紫色の波長帯で発光する半導体発光素子である。一般に、このような波長帯の半導体発光素子においては、特に不純物を介して遷移するタイプの発光層を有するものが多く、発光スペクトルが紫外線の波長帯にまで伸びている場合が多い。つまり、青色や紫色の光の他に、有る程度の量の紫外線成分が放出される場合が多い。このような発光素子としては、例えば、GaN系のLEDの他に、ZnSe系やSiC系あるいはBN系の発光素子を挙げることができる。

【0114】本具体例においては、インナーモールド部140aが光吸収部ABとして構成されている。つまり、光吸収部ABは、発光素子から放出される紫外線成分を吸収し、青色や紫色の波長成分は透過する性質を有する。このようにすれば、有害な紫外線の漏洩を防ぎつつ、必要とされる青色や紫色の光を外部に取出すことができる。なお、光吸収部ABの詳細については、図7に関して前述したとおりである。また、図示した例の他にも、例えば、アウターモールド部140bにも光吸収剤を添加して光吸収部ABとして作用するようにしても良い。

【0115】次に、本発明による第8の半導体発光装置について説明する。図14は、本発明による第8の半導体発光装置を表す概略断面図である。同図に表した半導体発光装置100Hも、リードフレームタイプのLEDランプである。本具体例については、図7あるいは図13に関して前述したものと同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0116】本具体例においても、半導体発光素子900aは、例えば、青色あるいは紫色の波長帯で発光する半導体発光素子であり、その詳細は、図13に関して前述したとおりである。さらに、本具体例においては、半導体発光素子900aの上に波長選択性の光吸収部ABが設けられ、樹脂140により封止されている。

【0117】本具体例における光吸収部ABも、発光素子から放出される紫外線などの1次光を吸収し、蛍光体から放出される可視光などの2次光を透過する性質を有する。このような機能材として、本具体例においては、ダイクロイックフィルタやUV（紫外線）カットフィルタを用いる。ここで、発光素子900aと光吸収部ABとの間の空間は、樹脂などにより埋められていても良く、または所定の雰囲気ガスにより充填されていても良い。

【0118】このような光吸収部ABを設けることによ

っても、図 13 に関して前述したような種々の効果を同様に得ることができる。

【0119】次に、本発明による第 9 の半導体発光装置について説明する。図 15 は、本発明による第 9 の半導体発光装置を表す概略断面図である。同図に表した半導体発光装置 100 I も、リードフレームタイプの LED ランプである。本具体例については、図 7 あるいは図 8 に関して前述したものと同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0120】本具体例においても、半導体発光素子 900 a は、例えば、青色あるいは紫色の波長帯で発光する半導体発光素子であり、その詳細は、図 13 に関して前述したとおりである。さらに、本具体例においては、インナーモールド部 140 a が波長選択性を有する光反射部 RE1 として構成されている。つまり、光反射部 RE1 は、発光素子から放出される紫外線成分を反射し、青色や紫色の波長成分は透過する性質を有する。このようにすれば、有害な紫外線の漏洩を防ぎつつ、必要とされる青色や紫色の光を外部に取り出すことができる。なお、光反射部 RE1 の詳細については、図 9 に関して前述したとおりである。また、図示した例以外にも、例えば、アウターモールド部 140 b にも光反射剤を添加して光反射部 RE1 として作用するようにしても良い。

【0121】次に、本発明による第 10 の半導体発光装置について説明する。図 16 は、本発明による第 10 の半導体発光装置を表す概略断面図である。同図に表した半導体発光装置 100 J も、リードフレームタイプの LED ランプである。本具体例については、図 7 あるいは図 13 に関して前述したものと同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0122】本具体例においても、半導体発光素子 900 a は、例えば、青色あるいは紫色の波長帯で発光する半導体発光素子であり、その詳細は、図 13 に関して前述したとおりである。さらに、本具体例においては、半導体発光素子 900 a の上に波長選択性の光反射部 RE1 が設けられ、樹脂 140 により封止されている。

【0123】本具体例における光反射部 RE1 も、発光素子から放出される紫外線などの 1 次光を反射し、蛍光体から放出される可視光などの 2 次光を透過する性質を有する。このような機能材として、本具体例においては、ダイクロイックミラーや UV（紫外線）カットミラーを用いる。ここで、発光素子 900 a と光反射部 RE1 との間の空間は、樹脂などにより埋められていても良く、または所定の雰囲気ガスにより充填されていても良い。

【0124】このような光反射部 RE1 を設けることによって、図 15 に関して前述したような種々の効果を同様に得ることができる。

【0125】また、図 7～図 16 には、リードフレームタイプの LED ランプを例示したが、本発明は、これら

の具体例に限定されるものではない。これらの他にも、後に詳述するように、表面実装型（SMD）の LED ランプやその他の各種の半導体発光装置について、本発明は、同様に適用して同様の効果を得ることができる。

【0126】次に、本発明による第 11 の半導体発光装置について説明する。図 17 は、本発明の第 11 実施形態に係る半導体発光装置を表す概略断面図である。同図に表した半導体発光装置 100 K も、リードフレームタイプの LED ランプである。本具体例については、図 7 に関して前述したものと同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0127】本実施形態においては、半導体発光素子 900 の光取り出し方向に波長変換部 FL と光反射部 RE1 とが配置されている。さらに、樹脂 140 は、波長選択性を有する光吸収部 AB として作用するように構成されている。

【0128】波長変換部 FL は、半導体発光素子 900 から放出される 1 次光を吸収して、より長波長の 2 次光を放出する役割を有する。その構成は、図 1 に関して前述したものと同様とすることができる。その具体例としては、透光性を有する媒体中に所定の蛍光体を分散させたものを挙げることができる。

【0129】光反射部 RE1 は、半導体発光素子 900 から放出される 1 次光を反射し、波長変換部 FL により変換される 2 次光は透過する波長選択性を有する。その構成も前述した各実施形態における光反射部 RE1 のいずれかと同様とすることができる。

【0130】光吸収部 AB は、2 次光を透過し、1 次光は吸収するような波長選択性を有する。すなわち、樹脂 140 に所定の光吸収体を分散させることにより、光吸収部 AB を構成することができる。その構成の詳細についても、図 1 に前述した各実施形態における光吸収部 AB のいずれかと同様とすることができる。

【0131】本発明によれば、波長変換部 FL を配置することにより、半導体発光素子 900 からの 1 次光を所望の可視光または赤外線に変換することができる。さらに、光反射部 RE1 を配置することにより、波長変換部 FL を透過して漏洩した 1 次光を高い効率で反射して、波長変換部 FL に再び戻すことができる。このようにして戻された 1 次光は、波長変換部 FL において波長変換され、2 次光として、光反射部 RE1 を透過する。つまり、波長変換部 FL の光出射側に光反射部 RE1 を配置することにより、1 次光の漏洩を防止するとともに、波長変換部 FL を透過した 1 次光を戻して高い効率で波長変換することができるようになる。

【0132】さらに、光吸収部 AB を設けることにより、光反射部 RE1 を透過した 1 次光を吸収して外部への漏洩を防止することができるとともに、外部に取り出す光のスペクトルを調節して、純色性を改善することも可能となる。

【0133】以下、本実施形態に係る各種の半導体発光装置について図面に具体例を表しつつ説明する。図18は、本実施形態に係る第2の半導体発光装置を表す断面模式図である。同図に表した半導体発光装置150Aは、いわゆる「表面実装(SMD)ランプ」と称されるものである。すなわち、SMDランプ150Aにおいては、実装部材160の実装表面に半導体発光素子900がマウントされている。そして、発光素子は、樹脂190によりモールドされ保護されている。

【0134】図18に示したような基板タイプのSMDランプ150Aにおいても、波長変換部FL、光反射部RE1、光吸収部ABを設けることにより図17に関して前述した半導体発光装置と同様の効果を得ることができる。なお、ここで光吸収部ABは、図示したように樹脂190として構成することができるが、この他にも樹脂190の表面に別体の薄膜あるいはフィルム状にして積層させても良い。

【0135】図19は、本実施形態に係る第3の半導体発光装置を表す断面模式図である。同図に表した半導体発光装置200Aは、いわゆる「面発光型」と称される半導体発光装置である。すなわち、面発光型装置200Aにおいては、リード・フレーム210、210に、半導体発光素子900がそれぞれマウントされている。そして、それぞれの半導体発光素子は、反射板220のカップ部の内部において、樹脂240によりモールドされている。

【0136】それぞれの半導体発光素子から出射した光は、反射板220により反射されて、面状の光となり、外部に取り出すことができる。

【0137】図19に示したような面発光型の半導体発光装置200Aにおいても、波長変換部FL、光反射部RE1、光吸収部ABを設けることにより図17に関して前述した半導体発光装置と同様の効果を得ることができる。

【0138】図20は、本実施形態に係る第4の半導体発光装置を表す断面模式図である。同図に表した半導体発光装置250Aは、いわゆる「ドーム型」と称される半導体発光装置である。すなわち、ドーム型装置250Aにおいては、リード・フレーム260に、半導体発光素子900が複数個、例えば5〜10個程度マウントされている。それぞれの半導体発光素子は、図示しないワイヤよりリード・フレーム260の所定の端子に接続されている。そして、それぞれの半導体発光素子は、封止樹脂290によりモールドされている。

【0139】このようなドーム型半導体発光装置250Aは、多数の半導体発光素子を搭載しているので、輝度が高く、また均一な光を取り出すことができるという利点を有する。

【0140】図20に示したようなドーム型の半導体発光装置250Aにおいても、波長変換部FL、光反射部

RE1、光吸収部ABを設けることにより図17に関して前述した半導体発光装置と同様の効果を得ることができる。

【0141】図21は、本実施形態に係る第5の半導体発光装置を表す模式図である。同図に表した半導体発光装置300Aは、いわゆる「7セグメント型」と称される半導体発光装置であり、この中でも特に「基板タイプ」と称されるものの要部断面を表したものである。7セグメント型発光装置とは数字を表示する発光装置である。すなわち、基板310の上に半導体発光素子900がマウントされた型式のものである。半導体発光素子900から放出された光は、反射板320により反射される。

【0142】図21に示したような7セグメント型半導体発光装置300Aにおいても、波長変換部FL、光反射部RE1、光吸収部ABを設けることにより図17に関して前述した半導体発光装置と同様の効果を得ることができる。

【0143】図22は、本実施形態に係る第6の半導体発光装置を表す模式図である。同図に表した半導体発光装置350Aも、いわゆる「7セグメント型」と称される半導体発光装置であり、この中でも特に「リード・フレーム・タイプ」と称されるものの要部断面を表したものである。すなわち、半導体発光素子900は、リード・フレーム360にマウントされ、ワイヤにより所定の配線が施されている。また、半導体発光素子は、樹脂390によって封止されている。半導体発光素子から放出された光は、反射板370により反射され、外部に取り出すことができる。

【0144】図22に示したような7セグメント型半導体発光装置350Aにおいても、波長変換部FL、光反射部RE1、光吸収部ABを設けることにより図17に関して前述した半導体発光装置と同様の効果を得ることができる。

【0145】図23は、本実施形態に係る第7の半導体発光装置を表す模式図である。すなわち、同図に要部断面図として表した半導体発光装置400Aは、いわゆる「LEDアレイ型」、「メータ指針型」、「レベル・メータ型」、「マトリクス型」などと称される半導体発光装置である。このような半導体発光装置400Aにおいては、所定の基板あるいはリード・フレーム410の上に、半導体発光素子900が複数個、所定の間隔においてマウントされている。それぞれの半導体発光素子は、図示しないワイヤにより、所定の端子に接続されている。そして、それぞれの半導体発光素子は、封止樹脂440によりモールドされている。

【0146】このような半導体発光装置400Aは、小型で軽量であり、多数の半導体発光素子を搭載しているので、輝度が高く、また均一な光を取り出すことができるという利点を有する。

【0147】図23に示したような半導体発光装置400Aにおいても、波長変換部FL、光反射部RE1、光吸収部ABを設けることにより図17に関して前述した半導体発光装置と同様の効果を得ることができる。なお、ここで波長変換部FLは、封止樹脂440内に混入されているものとして図示したが、これ以外にも、例えば、半導体発光素子900の表面あるいは周囲に蛍光体を堆積させたような構成であっても良い。

【0148】また、異なる波長の2次光を放出する波長変換部FLを並べることにより、指針上に発光色の分布を設けることも容易となる。このような場合においても、本発明によれば、用いる蛍光体の種類を変えるだけで済み、半導体素子の材料や構造は同一とすることができるので、駆動電流や、供給電圧は、共通にすることができるという利点も生ずる。

【0149】図24は、本実施形態に係る第8の半導体発光装置を表す模式図である。同図に断面図として表した半導体発光装置450Aは、いわゆる「キャン型レーザ」と称される半導体発光装置である。このようなキャン型レーザ450Aにおいては、ステム470の先端部に、半導体発光素子900が配置されている。ここで、半導体発光素子900は、レーザ素子である。半導体発光素子の背面側には、モニタ用の受光素子475が配置され、半導体発光素子900の光出力をモニタできるようにされている。また、ステム470の頭部は、キャン490により封止され、レーザ光は取り出し窓492を介して、外部に取り出すことができるようにされている。

【0150】図24に示したようなキャン型レーザ半導体発光装置450Aにおいても、波長変換部FL、光反射部RE1、光吸収部ABを設けることにより図17に関して前述した半導体発光装置と同様の効果を得ることができる。

【0151】以上、本発明の第1の実施形態として、波長変換部FL、光反射部RE1、光吸収部ABを備えた半導体発光装置について、それぞれ図17～図24に具体例を例示しつつ説明した。次に、本発明の第12の実施形態について説明する。本実施形態においては、前述した第4の実施形態のように、第2の光反射部RE2を備えた半導体発光装置を提供する。

【0152】図25は、本発明の第12実施形態に係る半導体発光装置を表す概略断面図である。すなわち、同図に表した半導体発光装置100Lは、「リード・フレーム・タイプ」の「LEDランプ」である。同図に示した半導体発光装置100Lも、半導体発光素子の光の取り出し経路に、波長変換部FL、光反射部RE1、および光吸収部ABが設けられている。ここでも、図17に関して前述した発光装置と同一の部分については、同一の符号を付して説明を省略する。

【0153】本実施形態においては、半導体発光素子9

10

20

30

40

50

00の下側に、さらに、第2の光反射部RE2が設けられている。この光反射部RE2は、半導体発光素子900から放出された1次光を反射して、波長変換部FLに入射させる役割を有する。すなわち、このような光反射部RE2を設けることにより、半導体発光素子900からリード・フレーム110側に放出される1次光を有効に利用することができるようになる。すなわち、このような反射部RE2を設けない場合には、半導体発光素子900からリード・フレーム110側に放出される1次光は、素子のマウント面において乱反射されることが多く、波長変換部FLに導いて効率良く波長変換することができなかった。しかし、本発明によれば、光反射部RE2を設けることにより、1次光を反射させて波長変換部FLに入射させることができる。その結果として、1次光を高い効率で波長変換して外部に取り出すことができるようになる。

【0154】光反射部RE2の具体的な構成としては、例えば、前述したようなブラッグ反射鏡とすることができる。すなわち、1次光に対して高い反射率を有するように構成したブラッグ反射鏡とすることにより、半導体発光素子900からリード・フレーム110側に放出された1次光を高い反射率で波長変換部FLに戻すことができるようになる。その具体的な構成としては、例えば、窒化アルミニウム(A1N)と窒化インジウム(InN)、窒化インジウムとアルミニウム・ガリウム砒素、窒化インジウムとアルミニウム・ガリウム燐などの薄膜を交互に積層したものを挙げることができる。

【0155】また、光反射部RE2は、このような波長選択性を有しない全反射鏡であっても良い。すなわち、1次光だけでなく、2次光に対しても高い反射率を有するような反射鏡とすれば、波長変換部FLからリード・フレーム110の方向に放出される2次光を効率良く反射して外部に取り出すことができるようになる。このような全反射鏡は、ブラッグ反射鏡ではなく、金属膜などの反射率の高い材料を単層として用いることができる。

【0156】なお、本実施形態は、図25に示したLEDランプに限定されない。すなわち、図18～図24に関して前述した、各種の半導体発光装置や、その他の半導体発光素子を用いた半導体発光装置についても、本実施形態は同様に適用することができ、同様の効果を得ることができる。

【0157】次に、本発明の第13の実施形態について説明する。本実施形態においては、前述した第5の実施形態のように、第3の光反射部RE3を半導体発光素子の周囲に備えた半導体発光装置を提供する。

【0158】図26は、本発明の第13実施形態に係る半導体発光装置を表す概略断面図である。すなわち、同図に例示した半導体発光装置100Mは、「リード・フレーム・タイプ」の「LEDランプ」である。同図に示した半導体発光装置100Mにおいても、半導体発光素

子 900 の光の取り出し経路に、波長変換部 FL、光反射部 RE1、および光吸収部 AB が設けられている。ここでも、図 17 に関して前述した発光装置と同一の部分については、同一の符号を付して説明を省略する。

【0159】本実施形態においては、半導体発光素子 900 の周囲に、さらに、第 3 の光反射部 RE3 が設けられている。この光反射部 RE3 は、波長選択性を有するものであっても、波長選択性を有しない全反射鏡であっても良い。

【0160】光反射部 RE3 が、波長選択性を有する場合には、半導体発光素子 900 から放出された 1 次光を反射して、外部への漏洩を防止することができる。さらに、このようにして反射を繰り返された 1 次光は、最終的に波長変換部 FL に入射して 2 次光に変換されるので、波長変換効率を改善することができる。このような波長選択性は、前述したようなブラッグ反射鏡により実現することができる。

【0161】一方、光反射部 RE3 が、波長選択性を有しない場合には、1 次光のみならず、2 次光などの波長を有する光成分の外部への漏洩も防止することができる。このような全反射鏡は、例えば、金属膜により形成することができる。そして、このような全反射鏡を形成することにより、発光装置 100M の光放出部を、光反射部 RE3 が形成されていない開口部のみに限定することができる。すなわち、発光装置 100M の周囲をこのような光反射部 RE3 で取り囲んで、所定の開口部のみから 2 次光が放出されるようにすれば、光の放射パターンをその開口の形状にあわせて容易に制御することができるようになる。例えば、光反射部 RE3 の開口を極めて小さく形成することにより、点光源状の半導体発光装置を容易に形成することができる。このような点光源は、レンズなどの光学系により効果的に集光することができ、実用上有利である場合が多い。

【0162】なお、本実施形態も、図 26 に示した LED ランプに限定されない。すなわち、図 18～図 24 に関して前述した、各種の半導体発光装置や、その他の半導体発光素子を用いた半導体発光装置についても、本実施形態は同様に適用することができ、同様の効果を得ることができる。

【0163】次に、本発明の第 14 の実施の形態について説明する。本実施形態においては、前述した第 6 の実施形態のように、第 4 の光反射部 RE4 を半導体発光素子 900 と波長変換部 FL との間に設ける。

【0164】図 27 は、本発明の第 14 実施形態に係る半導体発光装置を表す概略断面図である。すなわち、同図に例示した半導体発光装置 100N は、「リード・フレーム・タイプ」の「LED ランプ」である。同図に示した半導体発光装置 100N においては、半導体発光素子 900 の光の取り出し経路に、光反射部 RE4、波長変換部 FL、光反射部 RE1、および光吸収部 AB が

の順序で設けられている。ここでも、図 17 に関して前述した発光素子と同一の部分については、同一の符号を付して説明を省略する。

【0165】本実施形態における光反射部 RE4 は、半導体発光素子 900 から放出される 1 次光を透過し、波長変換部 FL において変換され放出される 2 次光は反射するような波長選択性を有する。すなわち、1 次光に波長の光に対する反射率は低く、2 次光の波長の光に対する反射率が高くなるように構成されている。このような波長選択性は、例えば、前述したブラッグ反射鏡を利用することにより実現することができる。

【0166】また、波長変換部 FL は、1 次光を吸収してそれよりも波長が長い 2 次光を放出する役割を有する。その詳細については、第 1 実施形態に関して前述したものと同様である。

【0167】また、光反射部 RE1 は、波長変換部から放出される 2 次光に対する反射率が低く、1 次光に対する反射率が高くなるように構成されている。このような波長選択性も、前述したブラッグ反射鏡を利用することにより実現することができる。

【0168】光吸収部 AB は、1 次光に対して高い光吸収率を有し、2 次光に対しては低い吸収率を有するように構成される。この詳細な構成についても、前述した各実施形態と同様とすることができる。

【0169】本実施形態によれば、半導体発光素子 900 から放出された 1 次光は光反射部 RE4 を透過して波長変換部 FL に入射し、2 次光に波長変換される。また、波長変換部 FL において波長変換されずに透過した 1 次光は、光反射部 RE1 により反射されて再び波長変換部 FL に戻される。さらに、光反射部 RE1 も透過した 1 次光は、光吸収部 AB において吸収され、外部への漏洩が防止される。

【0170】一方、波長変換部 FL から放出された 2 次光のうちで光反射部 RE1 の方向に出射した光成分は、光反射部 RE1 および光吸収部 AB を透過して外部に取り出すことができる。また、波長変換部 FL から放出された 2 次光のうちで半導体発光素子 900 の方向に出射した光成分は、光反射部 RE4 により反射され、波長変換部 FL、光反射部 RE1 および光吸収部 AB を透過して外部に取り出すことができるようになる。

【0171】すなわち、光反射部 RE4 を設けない場合には、波長変換部 FL から半導体発光素子 900 の方向に放出された 2 次光は、半導体発光素子 900 より吸収され、あるいは、半導体発光素子 900 のマウント面において乱反射されて、外部に有効に取り出すことができない。これに対して、本実施形態によれば、光反射部 RE4 を設けることにより、波長変換部 FL から半導体発光素子 900 の方向に放出される 2 次光を光反射部 RE4 により反射して、外部に効率良く取り出すことができるようになる。

【0172】また、本実施形態と、前述した第12実施形態または第13実施形態とを組み合わせることにより、さらに高効率の半導体発光装置を実現することもできる。すなわち、本実施形態の構成に、第12実施形態で説明した光反射部RE2を追加することにより、半導体発光素子900から放出される1次光をさらに効率良く波長変換部FLに導いて、波長変換することができるようになる。また、本実施形態の構成に、第13実施形態で説明した光反射部RE3を追加することにより、発光装置の発光パターンを制御して、容易に点光源を構成

【0173】次に、本発明の第15の実施の形態について説明する。本実施形態においては、画像表示装置において、半導体発光素子と、前述したような波長変換部、光反射部、光吸収部を組み合わせた構成を実現する。

【0174】図28は、本発明による画像表示装置の具体例の構成を表す概略断面図である。すなわち、同図に示した画像表示装置500Aは、光源部520と、調光部530と、変換部550とを備える。

【0175】光源部520は、所定の発光スペクトルを有する半導体発光素子900を光源として備え、さらに導光板522により半導体発光素子900からの光を均一に拡散させて調光部に照射する。

【0176】調光部530は、例えば、液晶により光の透過率を調節する構成を有する。すなわち、調光部530においては、偏光板531及び539の間に液晶層536が挟持されている。液晶層536は、画素電極534と対向電極538との間に所定の電圧を印加することによって、その分子の配向状態が制御され、上下の偏光板531及び539と共に作用して光の透過率を制御できるようにされている。透光性基板532の上に形成された各画素電極534には、それぞれスイッチング素子535を介して所定の電圧が供給される。スイッチング素子535としては、例えば、金属・絶縁層・金属(MIM)接合型素子や、水素化アモルファス・シリコン或いは多結晶化シリコンにより形成した薄膜トランジスタ(TFT)などを用いることができる。

【0177】変換部550は、透明性基板542の下面に波長変換部FL1～3、光反射部RE1～3、光吸収部AB1～3が配置された構成を有する。波長変換部FLは、遮光性の材料により形成されたブラック・マトリクスによって、画素毎に仕切られるようにしても良い。また、波長変換部FLは、透明性基板542の上面に配置するようにしても良い。

【0178】このような画像表示装置500Aにおいては、光源部520から出射した光は、調光部530において、液晶層536に印加される電圧に応じて、画素毎に光量が調節され、それぞれ波長変換部FL1～3に入射する。波長変換部FL1～3においては、それぞれの蛍光体の種類に応じて、入射した1次光が所定の波長を

有する2次光に変換される。例えば、FL1においては赤色、FL2においては緑色、FL3においては青色にそれぞれ変換されるようにすることができる。

【0179】それぞれの波長変換部FL1～3から放出された2次光は、光反射部RE1～3に入射する。それぞれの光反射部は、1次光が反射され、2次光のみが透過するような波長選択性を有する。

【0180】さらに、光反射部RE1～3を透過した2次光は、それぞれ光吸収部AB1～3に入射する。光吸収部AB1～3は、それぞれ所定の2次光を透過し、1次光は吸収するような波長選択性を有する。例えば、AB1は赤色の光を透過し、AB2は緑色の光を透過し、AB3は青色の光を透過するような、いわゆる「カラー・フィルタ」として構成することができる。

【0181】本発明によれば、光源に半導体発光素子を用いるので、従来の陰極蛍光管などと比較して光電変換効率が高く、消費電力を低減することができる。しかも、このような高効率である半導体発光素子からの光により蛍光体を励起させるという新規な構成を採用した結果、画像表示装置全体として消費電力の低減を図ることができる。

【0182】特に、本発明においては、波長変換部と共に、波長選択性を有する光反射部REや光吸収部ABを設けることによって、変換効率をさらに向上することができる。また、画像表示装置500Aの波長変換部FL1～3の光入射側に、図4または図15に関して前述したような第4の光反射部RE4を設けることにより、波長変換部FL1～3から放出された2次光を反射して、より高い効率で外部に取り出すことができるようになる。

【0183】一例として、従来の陰極蛍光管を光源とした10.4インチ型TFT液晶表示装置の場合の消費電力は、約9ワットであった。しかし、本発明による、紫外線LEDと蛍光体とを採用した画像表示装置の場合の消費電力は約4ワットであり、従来の液晶表示装置の半分以下に低減される。その結果として、ノート型コンピュータや各種情報携帯端末機器などの携帯型電子機器の電池寿命を延ばすことができる。

【0184】また、本発明によれば、波長変換部FLを画像表示面の表面近傍に隣接して配置することができるので、視野角を大幅に改善することができる。

【0185】また、従来の陰極蛍光管などと比較して回路を簡略化し、駆動電圧を低減することができる。すなわち、陰極蛍光管では、安定化回路やインバータを介して高電圧を印加することが必要とされていた。しかし、本発明によれば、光源である半導体発光素子は、わずか2～3.5ボルト程度の直流電圧で十分な発光強度を得ることができる。従って、安定化回路やインバータ回路が不要となり、光源の駆動回路が大幅に簡略化されると共に、駆動電圧を低減することができる。

【0186】また、本発明によれば、光源の寿命を従来よりも大幅に延ばすことができる。すなわち、従来の陰極蛍光管では、電極部でのスパッタリング現象などに起因して、所定の寿命期間の経過後は、輝度が急速に低下し、発光が停止する。しかし、本発明によれば、光源の半導体発光素子は、数万時間という極めて長時間の使用に対しても輝度の低下は殆ど見られず、その寿命は、半永久的ということもできる。従って、本発明による画像表示装置は、従来の装置と比べて、寿命が大幅に延びる。

【0187】さらに、本発明によれば、画像表示装置の動作立ち上がり時間が極めて短い。すなわち、電源を投入してから光源の照明輝度が定常状態に至るまでの時間は、従来の陰極蛍光管と比較して、きわめて短く、瞬時動作が可能である。

【0188】また、本発明によれば、信頼性も向上する。すなわち、従来の陰極蛍光管は、ガラス管に所定のガスを封入した構造を有する。従って、過度の衝撃や振動に対して破損することがあった。しかし、本発明によれば、光源として固体素子である半導体発光素子を用いるので、衝撃や振動に対する耐久性も顕著に向上する。この結果として、特に、本発明による画像表示装置を搭載した携帯用の各種電子機器の信頼性を格段に向上させることができる。

【0189】さらに、本発明によれば、有害な水銀を使用することがない。すなわち、従来の陰極蛍光管では、ガラス管の内部に所定量の水銀が封入されていることが多かった。しかし、本発明によれば、このような有害な水銀を用いる必要がない。

【0190】次に、本発明による画像表示装置の変型例について説明する。図29は、本発明による画像表示装置の変形性の構成を表す概略断面図である。すなわち、同図に示した画像表示装置500Bも、光源部520と、調光部530と、変換部550とを備える。しかし、画像表示装置500Bは、前述した画像表示装置500Aと比べると、光源部520と、調光部530との間に変換部550が配置されている点で異なる。ここで、前述した画像表示装置500Aと同様の部分には、同一の符号を付して説明を省略する。

【0191】画像表示装置500Bにおいては、半導体発光素子900から放出された1次光は、導光板522を介して、まず波長変換部FL1～3に入射する。入射した1次光は、それぞれの波長変換部において、所定の波長を有する2次光に変換され、光反射部RE1～3に入射する。そして、1次光成分は反射され、2次光成分は、透過して、それぞれ光吸収部AB1～3に入射する。光吸収部AB1～3においても前述の場合と同様に、1次光成分が吸収され、2次光は透過する。

【0192】図29に示した画像表示装置500Bにおいても、前述した画像表示装置500Aと同様の効果を

得ることができる。さらに、画像表示装置500Bにおいては、半導体発光素子900から放出された紫外線などの1次光が、波長変換されて、より長波長の2次光とされてから調光部に入射する。従って、調光部のスイッチング素子535や液晶層536などが、1次光である紫外線に曝されて劣化するという問題も解消することができる。

【0193】

【発明の効果】本発明は、以上説明したような形態で実施され、以下に説明する効果を奏する。本発明によれば、半導体発光素子の発光層からの発光を直接取り出すことがなく、蛍光物質により波長変換することとしているので、半導体発光素子の製造パラメータのばらつき、駆動電流、温度などに依存して、発光波長が変動するという問題を解消することができる。すなわち、本発明によれば、発光波長が極めて安定で、発光輝度と発光波長とを独立して制御することができるようになる。

【0194】また、本発明によれば、用いる蛍光物質を適宜組み合わせることによって、容易に複数の発光波長を得ることができる。例えば、赤（R）、緑（G）、青（B）の蛍光物質を適宜混合して、発光素子に含有させれば、白色光の発光を容易に得ることができる。

【0195】さらに、本発明によれば、発光波長に応じて、内蔵する半導体発光素子の材料や構造を適宜選択し、変更する必要がなくなる。例えば、従来は、赤色において発光させるためには、AlGaAs系材料を用い、黄色においてはGaP系材料、緑色系においてはInGaAlP系材料、青色においてはInGaN系材料の如く、最適な材料をその波長に併せて選択しなければならないという問題があった。これに対して、本発明によれば、発光波長に応じて蛍光物質の種類を適宜選択すれば良く、半導体発光素子を変更する必要がなくなる。

【0196】また、本発明によれば、異なる発光色を有する半導体発光素子を並べる必要がある場合においても、発光色の変更は、用いる蛍光体の種類を変えるだけで済み、半導体発光素子の材料や構造は同一とすることができる。従って、発光装置の構成を極めて簡略化することが可能となり、製造コストを顕著に低減することができるとともに、信頼性も高く、また、駆動電流や、供給電圧、あるいは素子のサイズなどを共通にすることにより、応用範囲を顕著に拡大することができるという利点も生ずる。

【0197】さらに、本発明によれば、光反射部RE1を配置することにより、波長変換部FLを透過して漏洩した1次光を高い効率で反射して、波長変換部FLに再び戻すことができる。このようにして戻された1次光は、波長変換部FLにおいて波長変換され、2次光として、光反射部RE1を透過する。つまり、波長変換部FLの光出射側に光反射部RE1を配置することにより、1次光の漏洩を防止するとともに、波長変換部FLを透

過した1次光を戻して高い効率で波長変換することができる。また、外乱光により波長変換部FLが励起されて不要な発光を生ずるという問題を解消することができる。

【0198】また、本発明によれば、光吸収部ABを設けることにより、光反射部RE1を透過した1次光を吸収して外部への漏洩を防止することができるとともに、外部に取り出す光のスペクトルを調節して、純色性を改善することも可能となる。また、外部から入射する紫外線も吸収することができるので、このような外乱光により波長変換部FLが励起されて不要な発光が生ずるという問題も解消することができる。

【0199】また、本発明によれば、反射部RE2を設けることにより、1次光を反射させて波長変換部FLに入射させることができる。その結果として、1次光を高い効率で波長変換して外部に取り出すことができるようになる。

【0200】さらに、本発明によれば、光反射部RE3を設けることにより、波長変換効率をさらに向上させることができる。また、1次光のみならず、2次光などの波長を有する光成分の外部への漏洩も防止することができる。また、光放出部を、光反射部RE3が形成されていない開口部のみに限定することができる。例えば、光反射部RE3の開口を極めて小さく形成することにより、点光源状の発光素子を容易に形成することができる。このような点光源は、レンズなどの光学系により効果的に集光することができ、実用上有利である場合が多い。

【0201】また、本発明によれば、光反射部RE4を設けることにより、波長変換部FLにおいて波長変換された2次光を反射して外部に効率良く取り出すことができるようになる。

【0202】一方、本発明によれば、消費電力が低く寿命が長く、信頼性が良好で、立ち上がり時間が短く、機械的信頼性も良好な画像表示装置を実現することもできる。

【0203】このように、本発明によれば、比較的簡略な構成により、発光波長が極めて安定で、効率が高く、しかも、可視光から赤外線領域までの種々の波長において高い輝度で発光させることができる半導体発光素子、半導体発光装置および画像表示装置を提供することができ、産業上のメリットは多大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による第1の実施形態に係る半導体発光素子の概略構成を例示する断面図である。

【図2】本発明による第2の実施形態に係る半導体発光素子の概略構成を例示する断面図である。

【図3】本発明による第3の実施形態に係る半導体発光素子の概略構成を例示する断面図である。

【図4】本発明による第4の実施形態に係る半導体発光

素子の概略構成を例示する断面図である。

【図5】本発明による第5の実施形態に係る半導体発光素子の概略構成を例示する断面図である。

【図6】本発明による第6の実施形態に係る半導体発光素子の概略構成を例示する断面図である。

【図7】本発明の実施形態に係る半導体発光装置を表す概略断面図である。

【図8】本発明による第2の半導体発光装置を表す断面模式図である。

10 【図9】本発明による第3の半導体発光装置を表す断面模式図である。

【図10】本発明による第4の半導体発光装置を表す断面模式図である。

【図11】本発明による第5の半導体発光装置を表す断面模式図である。

【図12】本発明による第6の半導体発光装置を表す断面模式図である。

【図13】本発明による第7の半導体発光装置を表す概略断面図である。

20 【図14】本発明による第8の半導体発光装置を表す概略断面図である。

【図15】本発明による第9の半導体発光装置を表す概略断面図である。

【図16】本発明による第10の半導体発光装置を表す概略断面図である。

【図17】本発明による第11の半導体発光装置を表す概略断面図である。

【図18】本発明の第11実施形態に係る第2の半導体発光装置を表す断面模式図である。

30 【図19】本発明の第11実施形態に係る第3の半導体発光装置を表す断面模式図である。

【図20】本発明の第11実施形態に係る第4の半導体発光装置を表す断面模式図である。

【図21】本発明の第11実施形態に係る第5の半導体発光装置を表す模式図である。

【図22】本発明の第11実施形態に係る第6の半導体発光装置を表す模式図である。

【図23】本発明の第11実施形態に係る第7の半導体発光装置を表す模式図である。

40 【図24】本発明の第11実施形態に係る第8の半導体発光装置を表す模式図である。

【図25】本発明の第12実施形態に係る半導体発光装置を表す概略断面図である。

【図26】本発明の第13実施形態に係る半導体発光装置を表す概略断面図である。

【図27】本発明の第14実施形態に係る半導体発光装置を表す概略断面図である。

【図28】本発明による画像表示装置の具体例の構成を表す概略断面図である。

50 【図29】本発明による画像表示装置の変形性の構成を

表す概略断面図である。

【図30】波長変換部を備えた従来の半導体発光装置を例示する断面模式図である。

【符号の説明】

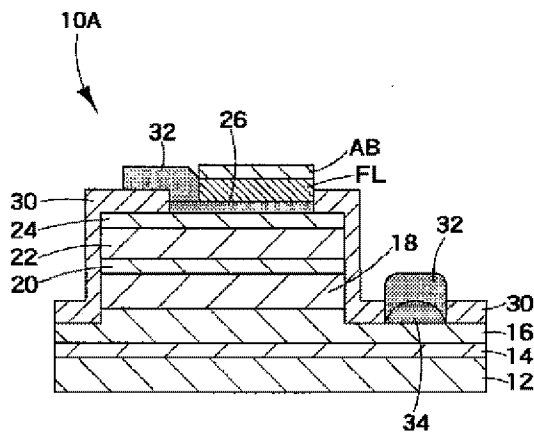
- 10、900、900' 半導体発光素子
 12 サファイア基板
 14 パッファ層
 16 n型コンタクト層
 18 n型クラッド層
 20 発光層
 22 p型クラッド層
 24 p型コンタクト層
 26 p側電極層
 30 保護膜
 32 ボンディング・パッド

* 34 n側電極

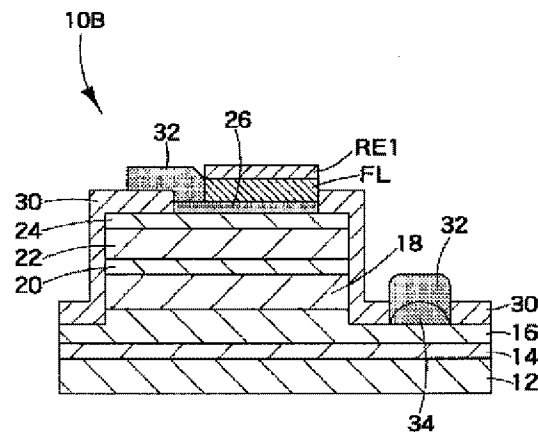
- 100、150、200、250、300、350、400、450 半導体発光装置
 110、120、210、260 リードフレーム
 130、330 ワイヤ
 140、190、240、290、390、440 樹脂
 160 実装部材
 220、320、370 反射板
 470 ステム
 500 画像表示装置
 FL 波長変換部
 RE1～RE4 光反射部
 AB 光吸収部

*

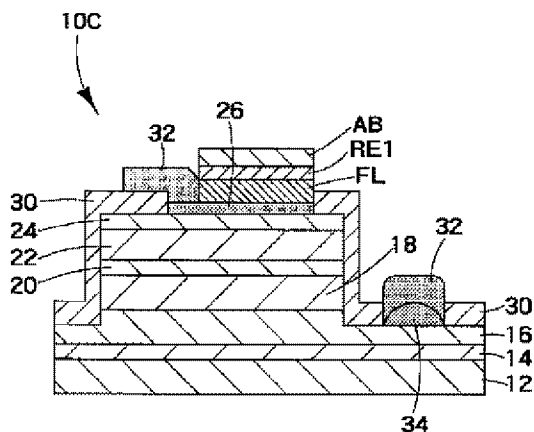
【図1】



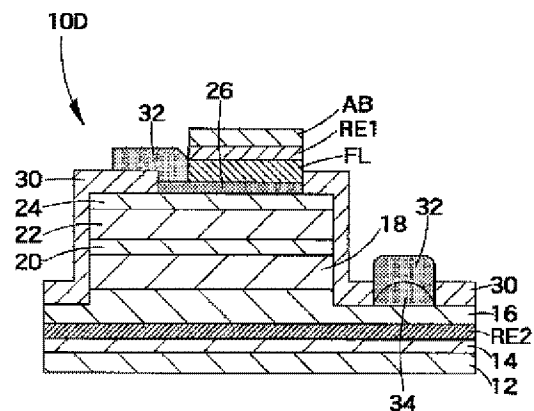
【図2】



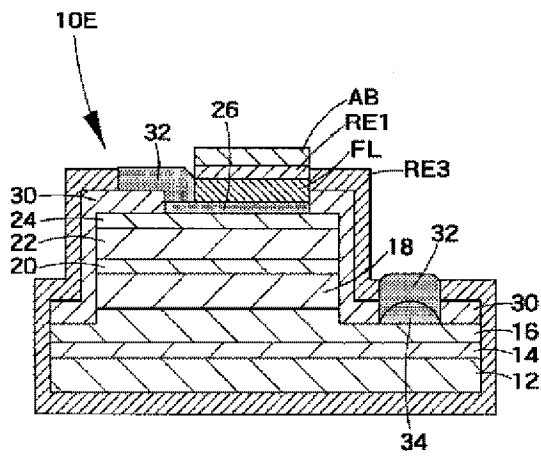
【図3】



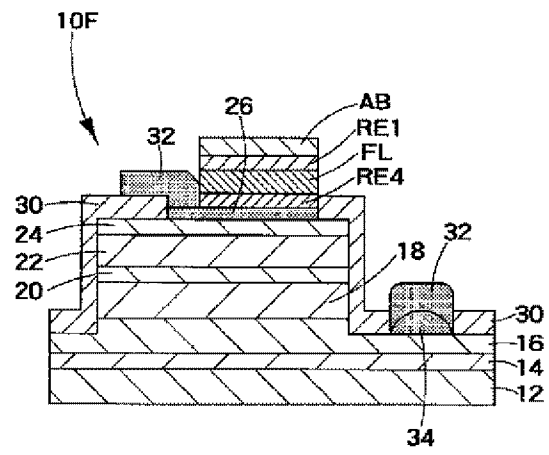
【図4】



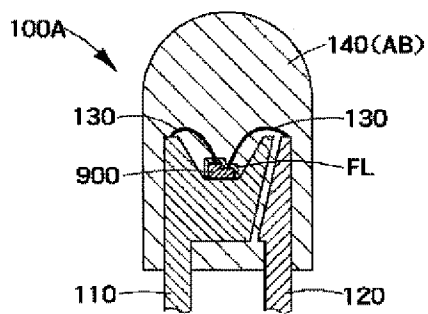
【図 5】



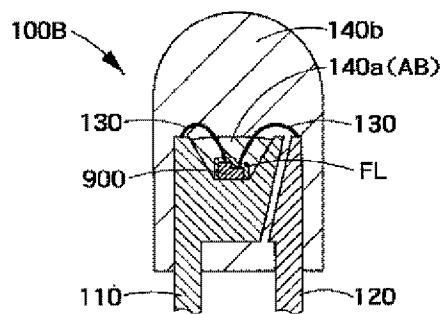
【図 6】



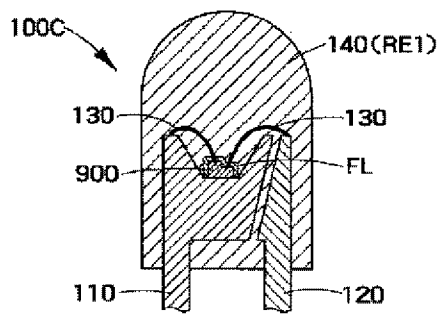
【図 7】



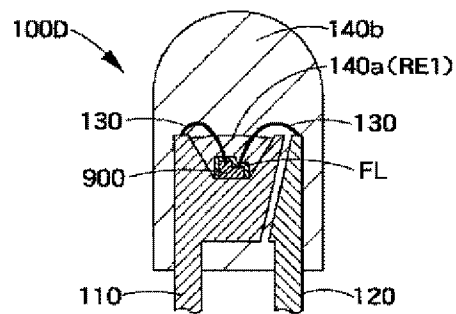
【図 8】



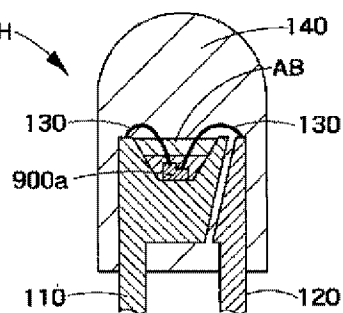
【図 9】



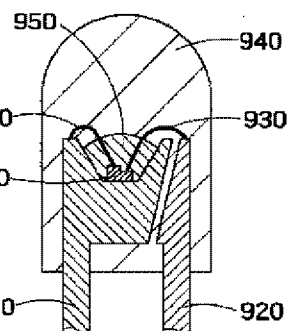
【図 10】



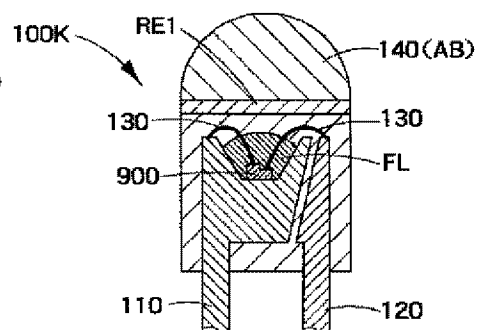
【例 14】



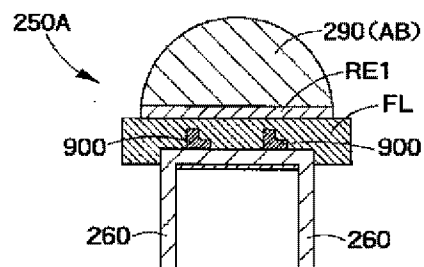
【图 30】



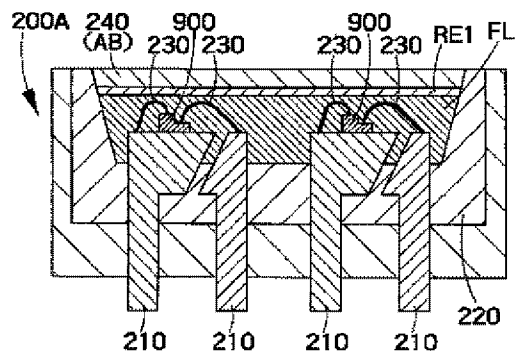
【例 17】



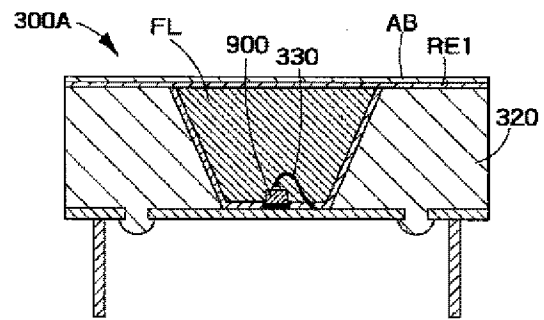
【图 20】



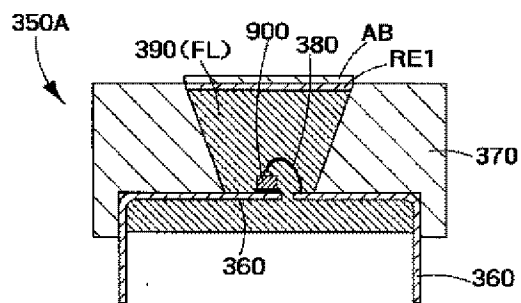
【図19】



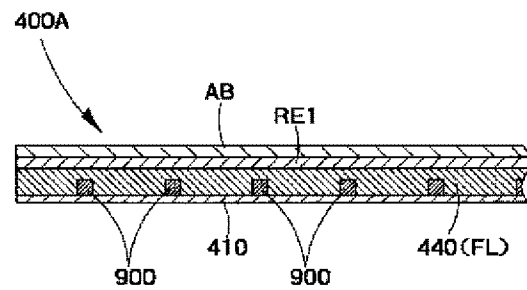
【図21】



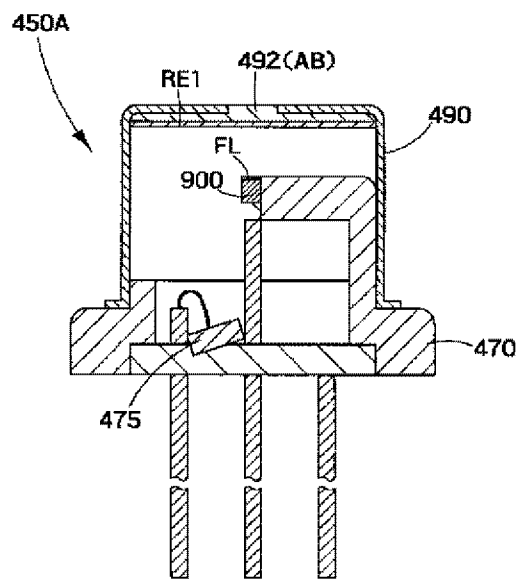
【図22】



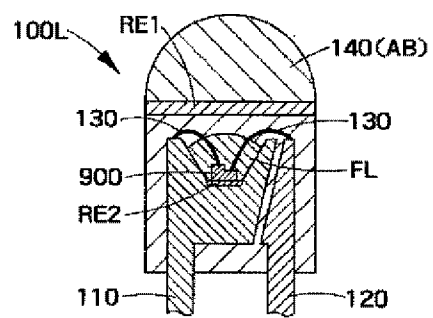
【図23】



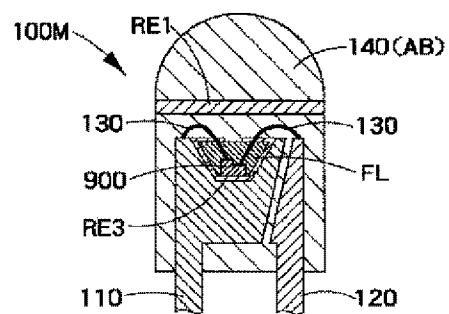
【図24】



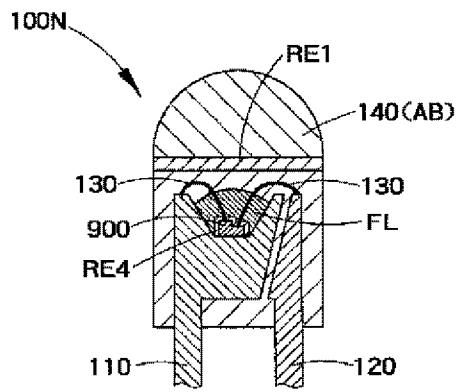
【図25】



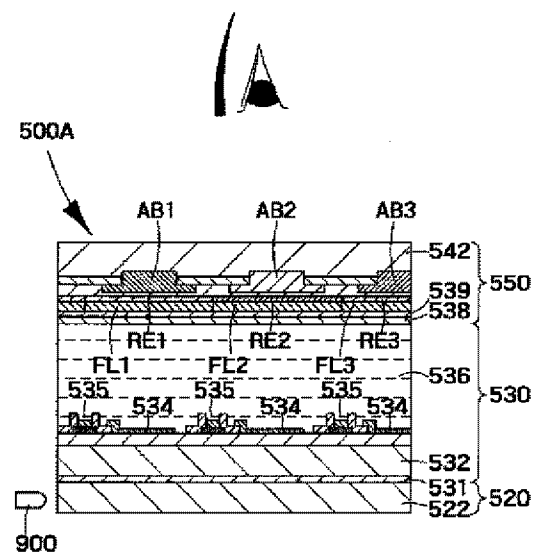
【図26】



【图 27】



【图 28】



【图 29】

